Research in Chemistry Education, Vol 6, No 2, 48-67

Research in Chemistry Education

https://chemedu.cfu.ac.ir

The application and comparison of Bard and ChatGPT in the education of inorganic chemistry

Zahra Ahmadabadi [1,*], ***Mahboubeh Masrournia*** [2]

[1] *Department of Chemistry Education, Farhangian University, PO Box 889-14665, Tehran, Iran*
[2] *Department of Chemistry, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran*
* Corresponding author: (z.ahmadabadi@cfu.ac.ir)

Keywords:
Bard, ChatGPT, Education, Molecular structure, lattice energy, point group.

ABSTRACT

Today, with the public availability and developments of artificial intelligence and its utility in everyday life of human beings, chemistry teachers, like other professional users in various jobs, attempt to explore and apply it in their profession In order to achieve this goal, it is necessary to get acquainted with the capabilities and shortcomings of two artificial intelligence robots, Bard and ChatGPT (two of the most common and publicly available chat bots); Therefore, this study investigates the feasibility and the most effective strategies for using the mentioned chatbots in the field of Inorganic chemistry. In this qualitative-analytical study, ChatGPT-3.5, and Bard have been used to investigate and evaluate the ability to answer questions in the field of chemistry The answers produced by these two smart robots have been used in the field of teaching the shape of molecules, symmetry, calculating lattice energy, checking the Born Mayer equation, and predicting the structure of spinels. Moreover, different learning levels such as knowledge, application and problem solving in terms of the quality and accuracy of the answer, as well as the use of different media in providing the answers were compared and analyzed.

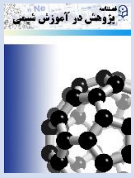
RESEARCH ARTICLE

Received: 1 March 2024
Revised: 17 April 2024
Accepted: 27 April 2024
Published online: 30 April 2024
Print ISSN: 3041-9271
Online ISSN: 2717-2279

Citation: Ahmadabadi, Z., Masrournia, M. (2024). The application and comparison of Bard and ChatGPT in the education of inorganic chemistry. *Research in Chemistry Education*, *6*(2), 48-67.
https://doi.org/ 10.48310/CHEMEDU.2024.16080.1233

© The author(s)
Publisher: Farhangian University

پژوهش در آموزش شیمی، سال ششم، شماره دوم، صفحات ۶۷-۴۸



پژوهش در آموزش شیمی
https://chemedu.cfu.ac.ir

کاربرد و مقایسه بارد و چت جی پی تی در آموزش شیمی معدنی

زهرا احمدآبادی [۱،*]، محبوبه مسرورنیا [۲]

۱. گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹- ۱۴۶۶۵ تهران، ایران

۲. گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

* نویسنده مسئول: (z.ahmadabadi@cfu.ac.ir)

چکیده

امروزه با دسترسی عموم و توسعه در حال انجام هوش مصنوعی در عرصه زندگی بشری، مدرسان آموزش شیمی مانند سایر کاربران حرفه‌ای در مشاغل مختلف در پی بررسی و بکارگیری از این ابزار در حرفه خود هستند. برای رسیدن به این هدف، شناخت از توانایی‌ها و نقص های دو ربات هوش مصنوعی بارد و چت جی پی تی، ضروری است؛ لذا در این پژوهش به امکان سنجی و بررسی راهبرد مؤثر برای بهرگیری از دو چت بات در حوزه آموزش شیمی معدنی پرداخته شده‌است. این پژوهش به صورت کیفی – تحلیلی انجام گرفته‌است و در آن از چت جی پی تی-۳.۵ و بارد جهت بررسی و ارزیابی میزان توانایی پاسخ به پرسش‌هایی در زمینه شیمی استفاده شده‌است. پاسخ‌های تولید شده به وسیله این دو ربات هوشمند در حوزه آموزش شکل مولکول ها، تقارن، محاسبه انرژی شبکه، بررسی معادله بورن – مایر و پیش بینی ساختار اسپینل‌ها بررسی و مقایسه شده‌اند. سطوح یادگیری مختلف نظیر: دانش، کاربرد و حل مسئله، از نظر کیفیت و درستی پاسخ و همچنین بهرگیری از رسانه‌های مختلف در ارائه پاسخ‌ها با یکدیگر مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی:
بارد، چت جی پی تی، آموزش، ساختار مولکول، انرژی شبکه، گروه نقطه‌ای.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸
تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱
شاپا چاپی: ۹۲۷۱-۳۰۴۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۲۲۷۹

ارجاع: احمدآبادی، زهرا؛ مسرورنیا، محبوبه (۱۴۰۳). کاربرد و مقایسه بارد و چت جی پی تی در آموزش شیمی معدنی. پژوهش در آموزش شیمی، ۶(۲)، ۶۷-۴۸.

https://doi.org/ 10.48310/CHEMEDU.2024.16080.1233

© نویسندگان.
ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

چت جی پی تی یک چت ربات هوش مصنوعی است که از زبان جی پی تی[1] (تبدیل پیش‌آموزش‌دهی شده) استفاده می‌کند و به درخواست‌های کاربر پاسخ می‌دهد. این چت بات در نوامبر ۲۰۲۲ منتشر شد و هومفری[2] و همکاران (۲۰۲۳) معتقدند که پتانسیل ایجاد تغییرات در چشم‌انداز آموزش را دارد. دانش‌آموزان اکنون شروع به استفاده از چت جی پی تی در دوره‌های آموزشی خود کرده‌اند و در آینده این روند به نظر می‌رسد توسعه خواهد یافت. به عنوان مثال، دانش آموزان می‌توانند از چت جی پی تی برای انجام تکالیف کمک بگیرند و همچنین با طرح پرسش‌های خاص در یک حوزه علمی، اطلاعات و راهنمایی در طیف وسیعی از موضوع های مختلف را دریافت کنند. چت جی پی تی می‌تواند مقاله بنویسد، به پرسش‌ها، کوتاه پاسخ دهد، جدول بسازد، محاسبات ریاضی را انجام دهد و حتی کدهای کامپیوتری بنویسد و اکنون از چت بات‌های مختلف برای تولید مقاله، طرح‌نامه پژوهشی، کاربردهای ویراستاری، خلاصه کردن حرفه‌ای متون کار گرفته شود.

این نقش می‌تواند در گستره وسیعی شامل استفاده به عنوان یک دستیار شخصی آموزش مجازی تا کاربرد آن‌ها در سامانه‌های ردیابی آموزشی فراگیر[3] به کار گرفته شود. واضح است، تحول آموزشی و اجتماعی ایجاد شده به وسیله هوش مصنوعی مستلزم اصلاح سیستم‌های آموزش سنتی است. از طرفی قابلیت‌های رو به رشد و حضور فزاینده سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در زندگی، پرسش‌های مهمی را در مورد تأثیر حاکمیت، اخلاق و ... در سراسر جهان ایجاد می‌کند. موضوعاتی نظیر: تصمیم گیری زمان و شرایط مناسب، چگونگی و نحوه استفاده از هوش مصنوعی؛ همسو کردن دیدگاه‌ها و نیازهای مختلف افرادی که از این فناوری ها استفاده یا تعامل دارند و همچنین استفاده از پتانسیل سیستم‌های هوش مصنوعی به گونه‌ای که آنها خود موجب افزایش نابرابری‌ها و سوگیری های موجود نشوند یا حتی موارد جدیدی را ایجاد نکنند. این مقولات به تنهایی در حوزه دانش و فن کامپیوتر یا مهندسی نمی‌گنجد در واقع می‌توان گفت که هوش مصنوعی دیگر یک رشته مهندسی نیست، بلکه نیازمند مشارکت گسترده رشته‌ها و شرکت کنندگان مختلف است. اینجاست که مطالعات آموزشی و یادگیری نقش مهمی ایفا می‌کنند. در این خصوص

[1] GPT
[2] Humphry
[3] online student tracking system(edTech):
نرم‌افزارهای برخط سیستم ردیابی دانش‌آموزان ابزاری (نظیر شاد، ال ام اس و...) که مدیریت حضور و غیاب آنلاین فراگیران، بارگذاری و اشتراک‌گذاری تکالیف، آموزش الکترونیکی، مدیریت امتحانات برخط اجرا و بررسی کرده و می‌تواند گزارش عملکرد فراگیران و مدرسان ردگیری و ارائه نماید.

تلفیق علوم یادگیری ماشین با روانشناسی، جامعه شناسی، علوم کامپیوتر، آموزش و پرورش و علوم شناختی ضروری به نظر می‌رسد (دویدی[1] و همکاران،۲۰۱۹).

هدف و پیشینه پژوهش

امروزه با رویکرد رو به افزون استفاده از چت بات های هوش مصنوعی در زندگی روزمره به ویژه در زمینه آموزش در مدارس و دانشگاه‌ها، رو به رو هستیم؛ لذا هدف این پژوهش بررسی میزان توانایی دو چت بات هوش مصنوعی و دسترس عموم یعنی چت جی پی تی و بارد در پاسخ گویی به پرسش‌هایی در حوزه آموزش شیمی است. در این مطالعه سعی براین است ضمن بررسی پاسخ‌های تولید شده این دو چت ربات، با یکدیگر، برتری و یا کاستی آنها را در حوزه پرسش‌های انتخاب شده و همچنین در سطوح مختلف آموزشی، بررسی کنیم و به کارگیری از این چت باتها را در آموزش برخی از مقولات انتزاعی و نسبتا مشکل شیمی، امکان سنجی نمائیم.

تحول دیجیتالی جامعه با ظهور هوش مصنوعی[2] احتمالاً چالش اصلی قرن حاضر است. چت ربات‌ها یک بخش از این تحول بزرگ هستند. چت ربات‌هایی که می‌توانند به سوالات مختلف پاسخ دهند و در مکالمه شرکت کنند، امروز به طور گسترده در دسترس عموم قرار گرفته‌اند.

هوش مصنوعی، با استفاده از روش‌های مختلف می‌توانند در امر آموزش بکار گرفته شوند. چت ربات‌های هوش مصنوعی نظیر چت جی پی تی[3]، بارد[4] و کاپیلوت[5] با نسخه‌های رایگان و در حال آزمایش خود، می‌توانند پتاسیل ایجاد تغییرات زیادی را در زمینه آموزش از جمله آموزش شیمی داشته باشند.

به کارگیری هوش مصنوعی در حوزه اخلاق نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌است که این حوزه رابطه تناتنگی با آموزش و ارتقاء سواد عمومی نیز دارد. در این حوزه استای و ایکی[6] (۲۰۲۴) در پژوهش خود در حوزه مسایل اخلاق در استفاده از فناوری‌های نوظهور نظیر چت بات‌ها، نشان می‌دهد که چت جی پی تی می‌تواند مزایای اجتماعی و اخلاقی سطح بالایی را ارائه دهد. با این حال، نگرانی‌های اخلاقی قابل توجهی را در مورد عدالت اجتماعی، استقلال فردی، هویت فرهنگی و مسائل زیست‌محیطی ایجاد کند. عمده این نگرانی‌ها شامل: مسئولیت پذیری، دسترسی همگانی، انسجام اجتماعی، استقلال، ایمنی، سوگیری و مشکلات محیط زیستی و... می باشد. لذا به عقیده آنان پیامدهای ناشی از

[1] Dwivedi
[2] AI: Artificial intelligence
[3] ChatGPT: Chat Generative Pretrained Transformer
[4] Bard
[5] Copilot
[6] Stahl and Eke

استفاده از هوش مصنوعی (از جمله در حوزه آموزش) نیازمند مشارکت همه جانبه ذی‌نفعان، در نظر گرفتن مزایا و خطرات احتمالی در هنگام توسعه برنامه‌ها، تداخل نیازها و به طور کلی سیاست برای ارتقاء نتایج مثبت می‌دانند (استای و ایکی،۲۰۲۴).

دیگیوم[1](۲۰۲۱) معتقد است که تلفیق مطالعات یادگیری با تحقیق و توسعه هوش مصنوعی باعث افزایش درک، آموزش و یادگیری در افرادی می‌شود که هوش مصنوعی را توسعه می‌دهند و این همراهی علوم یادگیری و مهندسی هوش مصنوعی، می‌تواند به تولید و توسعه فناوری و همچنین کاربردهای متنوع یادگیری ماشینی بهتر کمک کند. از منظر آموزش، آن‌ها معتقدند که پرسش مهم این است که چگونه می‌توان اطمینان یافت که دانش، مهارت‌های توسعه و استقرار سیستم‌های هوش مصنوعی؛ همراه و همسو با اصول و ارزش‌های اساسی انسانی و حقوقی می‌باشد و در خدمت رفاه عموم به کار خواهند رفت (دیگیوم، ۲۰۲۱).

تالانگور[2](۲۰۲۳)، در یک پژوهش کیفی، به طرح سؤالاتی درباره مولکول‌های ATP[3] که پیشتر در طی درس و مصاحبه‌ها با دانشجویان کارشناسی تازه وارد دانشگاه داشته از چت بات‌ها پرداخت، و با بررسی و تحلیل پاسخ‌ها، به این نتیجه رسید که پاسخ‌های چت ربات می‌تواند باعث ایجاد تصورات نادرست یا ایجاد سوگیری‌هایی در فهم خواص و رفتار مواد شیمیایی شود. تالانگور و همکاران معتقدند که در واقع چت بات‌ها به تفسیر سؤال مربوطه با استفاده از پایگاه دانش خود می‌پردازد و از این اطلاعات برای پیش بینی و تولید خروجی‌های مرتبط و منسجم استفاده می‌کند و از این منظر، هدف یک چت بات تولید یک پاسخ قابل قبول است و نه لزوماً یک پاسخ "واقعی".

اگزینتاریس[4] و همکاران (۲۰۲۳)، از چت جی پی تی برای یک فعالیت ترکیبی، شامل روش داربست فراشناختی، حل مسئله و نقد راه حل‌های ایجاد شده به وسیله چت جی پی تی استفاده کردند. آنان در یک کارگاه آموزشی برای دانشجویان رشته داروسازی که اطلاعات مقدماتی از مسایل شیمی عمومی داشتند، سؤالاتی در زمینه حل مسئله مربوط به غلظت محلول‌ها و... طراحی کرده و پاسخ‌های چت ربات را بدون این که دانشجویان شرکت کننده در آزمایش درباره درستی یا نادرستی آن اطلاعی داشته باشند در اختیارشان قرار دادند. نتیجه بررسی پاسخ‌ها و تحلیل و تفسیر داده‌های به دست آمده از دانشجویان بر روی پاسخ اشتباه چت بات، اینگونه بود که دانشجویان تازه وارد دانشگاه، مطابق پژوهش وو[5] و همکاران (۲۰۲۲)، برای توسعه مهارت‌های پیچیده تفکر انتقادی به داربست نیاز دارند. از جمله محدودیت‌های استفاده از این روش، زمان بر بودن این نوع فعالیت‌ها و محدودیت دیگر، نحوه پرسش و

[1] Dignum
[2] Talanquer
[3] Adenosine Triphosphate
[4] Exintaris
[5] Vo

پرسش‌های متوالی می‌باشد که می‌تواند برای هر شخص به پاسخ‌های یکسانی به وسیله چت بات منتج نشود و بنابراین نتایج متفاوتی به دست خواهد آمد. از طرفی، برخی از دانشجویان ممکن است از تلاش برای شناسایی اشتباهات در "پاسخ ارائه شده" ناامید شوند، در حالی که برخی دیگر، ممکن است بیش از حد بر شناسایی اشتباهات متمرکز شوند به جای آنکه راهبردهای حل مسئله خود را توسعه دهند. برای اجتناب از هر گونه افراط و تفریط، مربیان بهتر است دو رویکرد را با هم ترکیب کنند: "ارائه یک راه‌حل اشتباه" پس از آن که دانش‌آموزان مشکل یا مشکلی مشابه را در قبل به خوبی حل کرده باشند (اگزینتاریس و همکاران۲۰۲۳).

بوتا[1] و همکاران(۲۰۲۳)، مطالعه و ارزیابی پاسخ‌های ایجاد شده به وسیله چت جی پی تی، برای آزمون پایان سال دو درس شیمی سال اول و دوم از یک پودمان متمرکز برنامه درسی داروسازی را گزارش کردند. برای آن دسته از سؤالات که بر مبنای دانش و درک با افعال «توصیف» و «بحث» متمرکز بودند، چت جی پی تی پاسخ‌هایی مناسبی ایجاد کرد؛ اما برای سؤالاتی که در سطح کاربرد دانش و تفسیر اطلاعات غیر متنی متمرکز بودند، فناوری چت جی پی تی به محدودیت رسید. آنان به این نتیجه رسیدند، چت جی پی تی را نمی‌توان در حال حاضر یک ابزار فناوری پرخطر در رابطه با تقلب در نظر گرفت و از سوی دیگر انتظار می‌رود که چت جی پی تی می‌تواند به عنوان یک ابزار آموزشی زمینه ساز بحث‌های گوناگونی در حوزه ارزیابی، طراحی و برنامه ریزی درسی فراگیران واقع شود (بوتا و همکاران، ۲۰۲۳).

الاسدی[2] و همکاران(۲۰۲۳)، در پژوهشی با محوریت بررسی فرصت، نگرانی و راه حل‌های استفاده از هوش مصنوعی در حوزه آموزش به این نتیجه رسیدند که یکی از مهم‌ترین مزایای هوش مصنوعی در آموزش، توانایی ایجاد تجربیات یادگیری شخصی برای دانش آموزان است. ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند نقاط قوت، ضعف و اولویت‌های دانش‌آموزان را تجزیه و تحلیل کنند و سپس یک محتوای آموزشی، متناسب با نیازهای منحصربه‌فرد آنها تنظیم کند. آنان معتقدند، مربیان در آینده خواهند توانست با استفاده از چت جی پی تی، یک دوره تحصیلی متناسب با علایق دانش‌آموزان را طراحی نمایند؛ به عنوان مثال: با کمک این هوش مصنوعی می توان یک برنامه درسی جهت یک دوره علوم برای فراگیران "استم" [3] را به گونه‌ای طراحی کرد که در آن ضمن این که ایده‌هایی جهت تامین اهداف اصلی درس ارائه می‌دهد، ایده‌های دیگری نیز به صورت پروژه‌های متناسب با یک دوره خاص طرح کند. علاوه بر این، می‌توان به کمک هوش مصنوعی، چارچوب یک برنامه درسی را متناسب با مواد درسی، سبک یادگیری، به

[1] Botha
[2] Alasadi
[3] STEM: Science, technology, engineering, and mathematics

گونه‌ای طراحی کرد که هر دانش آموز تجربیات متفاوت و متناسب با خود را به صورت جداگانه، برای رسیدن به بالاترین اهداف شایستگی دریافت کند. این رویکرد سفارشی نه تنها تضمین می‌کند که فراگیران به آموزش‌های خاص خود دسترسی داشته باشند بلکه به آن‌ها کمک می‌کند تا عمیق‌تر با مواد آموزشی خود درگیر شده و در نهایت منجر به آموزش بهتر می شود (الاسدی و همکاران،۲۰۲۳).

وست[1] و همکاران (۲۰۲۳)، در یک مطالعه بین رشته‌ای میزان توانایی چت جی پی تی را برای تولید گزارش‌های آزمایشگاهی بررسی کردند. گزارش‌های تولید شده به وسیله این هوش مصنوعی از دروس شیمی عمومی، شیمی آلی، شیمی فیزیک، شیمی معدنی و بیوشیمی به گونه‌ای درجه‌بندی شدند که گویی گزارش‌های دانشجویی هستند و برای توزیع نمره‌ها و نقاط قوت و ضعف رایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. درجه بندی گزارش‌های آزمایشگاهی چت جی پی تی به عنوان گزارش‌های دانشجویی نشان داد که در حال حاضر (۲۰۲۳) چت جی پی تی نسخه ۳.۵ قادر به تولید گزارش‌های سطح بالاتر (۹۰٪ ≤) برای این دوره‌ها نیست.

هومفری و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به استفاده از چت جی پی تی به عنوان یک دستیار آموزشی در آزمایشگاه پرداختند و برای نتیجه‌گیری آزمایش چگالی برای تهیه یک نتیجه گیری پایانی آماری برای گزارش‌کار دانش‌آموزان در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده نمودند. آنها معتقدند که گر چه چت جی پی تی در تجزیه و تحلیل شیمیایی یا استوکیومتری واکنش شیمیایی خیلی قوی نیست؛ با این حال، این چت ربات می‌تواند در کمک به دانش-آموزان با برخی از محاسبات و مهارت‌های نوشتاری بسیار مفید عمل کند. به عقیده آنها در دوره‌های کارشناسی شیمی، به احتمال زیاد چت جی پی تی در نهایت در بخش نتیجه گیری گزارش‌های آزمایشگاهی مطلوب‌تر ظاهر می-شود ولی بنا بر تجربیات نقل شده در گروه فیس بوک معلمان آمریکا، چنانچه از چت بات‌ها در پاسخ به سؤالات چند گزینه‌ای و محاسبه‌ای استفاده شود؛ آن‌ها درباره توضیح و تفسیر ساختارهای مواد آلی و یا حل مسائل استوکیومتری ضعیف عمل می‌کند.

کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی مورد توجه سردبیران مجله آموزش انجمن شیمی آمریکا نیز قرار گرفته است؛ آنان با هدف کمک رسانی به مربیانی که می‌خواهند از هوش مصنوعی در برنامه درسی خود استفاده کنند، یک فراخوان ارسال تجربیات و مقالات خود، تا اوت ۲۰۲۴، مبتنی بر کاربرد و پیش بینی‌ها در مورد تأثیرات مورد انتظار

[1] West

این فن آوری (با توجه به افزایش تعداد معلمان شیمی که راه‌هایی برای گنجاندن آن در کلاس‌های درس خود، یافته اند)، داده است (یوروبو[1] و همکاران،۲۰۲۳).

تیسون[2](۲۰۲۳) معتقد است که در مورد کاستی‌های عمده چت جی پی تی که مرتبط با مدرسان شیمی، دانش آموزان و پژوهشگران است، بحث و تحلیل اندکی وجود دارد. او ضمن توجه به عملکرد چت جی پی تی که در پژوهش-های منتشر شده اخیر در مجله آموزش شیمی (انجمن شیمی آمریکا)، آمده‌است، به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از عملکرد چت جی پی تی به عنوان یک دستیار آموزشی برای دوره آموزشی بیوژئوشیمی آرسنیک پرداخته‌است. نتیجه گیری پژوهش این بود که چت جی پی تی نمی‌تواند در محاسبات ریاضی به طور قابل اعتماد عمل کند، و در برخی موارد خطاهای مفهومی ایجاد می کند.

هالال[3] و همکاران (۲۰۲۳)، مطالعه بررسی عملکرد و دقت دو ربات چت چت جی پی تی و بارد در درک نمادهای ساختاری مبتنی بر متن مانند ساختارهای متراکم، اینچی[4] و اسمایلز[5] و پاسخ به سؤالات مرتبط با شیمی آلی انجام دادند و توانایی این دو چت بات در انجام وظایفی مانند تبدیل اسامی ایوپاک[6]، نمادهای اینچی و اسمایلز به فرم‌های متراکم و بالعکس، شناسایی گروه‌های عاملی، تولید فرمول‌های مولکولی و پیش‌بینی الگوهای رزونانس مورد مطالعه قرار گرفت. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که بارد نسبت به چت جی پی تی به طور مشخصی در اکثر موارد خواسته شده ضعیف‌تر عمل کرد. در حالی که هر دو چت ربات محدودیت‌های قابل توجهی از خود نشان می‌دادند. آنان این مطالعه را با جی پی تی-۴، نسخه جدیدتر چت جی پی تی، در برابر این وظایف آزمایش کردند، و نتیجه این شد که پیشرفت‌های جزئی در بیشتر زمینه‌ها، به ویژه در خواندن نمادهای اسمایلز مشاهده گردید (هالال[7] و همکاران۲۰۲۳).

امروزه مربیان آموزشی می‌توانند از طریق کاربرد هوش مصنوعی برای ایجاد تجربه‌های یادگیری شخصی، شناسایی نیازهای دانش آموزان و ارائه بازخورد هدفمند استفاده کنند و در نهایت نتایج یادگیری را در آنان بهبود بخشند. استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند به طور مؤثر روش آموزش دانشمندان آینده و نحوه یادگیری آن‌ها را متحول کند و نسلی از دانشمندان بهتر را ایجاد کند. برای رسیدن به این هدف شناخت از توانایی‌ها و نقص‌های چت بات‌های متداول و دسترس عموم، ضروری است؛ لذا این پژوهش به امکان سنجی کاربرد و بررسی عملکرد و دقت و ارائه راهبرد مؤثر برای بهره‌گیری از دو چت بات متداول در حوزه آموزش شیمی معدنی پرداخته‌است.

[1] Yuriev
[2] Tyson
[3] Hallal
[4] InChi: IUPAC Chemical Identifier
[5] SMILES: Simplified Molecular-Input Line-Entry System
[6] IUPAC
[7] Hallal

روش

این پژوهش به صورت کیفی - تحلیلی انجام گرفته است و در آن از دو چت بات هوش مصنوعی چت جی پی تی- ۳٫۵ و بارد، جهت بررسی و ارزیابی میزان توانایی پاسخ به پرسش‌هایی در زمینه شیمی پرداخته‌است. موضوع این پرسش‌ها در حوزه تقارن و شکل مولکول‌ها، محاسبه انرژی شبکه براساس قانون هس و مقایسه انرژی شبکه بلور جامدات بلوری براس معادله بورن - مایر و پیش بینی ساختار اسپینل‌ها، می‌باشد مباحث تقارن و ساختار مولکول‌ها و انرژی شبکه، جزو مباحث انتزاعی و نسبتا سنگین برای درک دانشجویان معدنی ۱ کارشناسی آموزش شیمی قرار می‌گیرد. زبان مورد استفاده برای ارتباط با هر دو چت بات، انگلیسی انتخاب شد و هر سؤال دو بار با ثبت در خواست‌های جداگانه از هر دو چت بات مورد مطالعه، طرح شد. سپس پاسخ‌های تولید شده توسط چت ربات‌ها از نظر صحت و دقت با منابع علمی معتبر در این حوزه مقایسه و مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین کیفیت پاسخ هر دو چت بات در خصوص صحت و دقت و بهرگیری از رسانه‌های مختلف در ارائه پاسخ‌ها با یکدیگر مورد مقایسه و تحلیل واقع شد. و سپس با ارزیابی پاسخ‌ها و بررسی منابع، ارائه راهبردی مفید برای استفاده از امکانات و توانمندی‌های فعلی این دو چت بات در حوزه آموزش شیمی پرداخته شده‌است.

یافته‌ها

در این پژوهش با هدف بررسی توانایی و بررسی عملکرد و دقت و ارائه راهبرد مؤثر برای بهره‌گیری از دو چت بات متداول در حوزه آموزش شیمی پرداخته‌است. دو چت بات هوش مصنوعی عمومی و رایگان چت جی پی تی- ۳٫۵ و نسخه آزمایشی بارد که کاربرد زیادی در آموزش دارند را به دلیل امکان پذیری شرکت در گفتگوی دو جانبه با انسان، انتخاب کردیم؛ بررسی پاسخ‌های، این دو چت بات، نشان داد گرچه هر دو از زبان فارسی پشیبانی می‌کنند اما در زبان انگلیسی اشتباه کمتری را در ارائه برخی نمادها از جمله در تقارن و معرفی اعضای تقارن یک گروه نقطه‌ای، از خود نشان می‌دهند. بنابراین زبان انگلیسی برای مکالمه با آنان در این پژوهش انتخاب شده‌است.

پیش بینی شکل و گروه نقطه ای مولکول

در این قسمت از هر دو چت بات درباره شکل فضایی مولکول با ارائه فرمول بسته یا نام علمی آن سؤال شد و سپس گروه نقطه‌ای آنها در قسمت بعدی مورد پرسش قرار گرفت. در جدول ۱ به مقایسه پاسخ‌های این چت ربات‌ها و درصد پاسخ درست آنها آمده‌است.

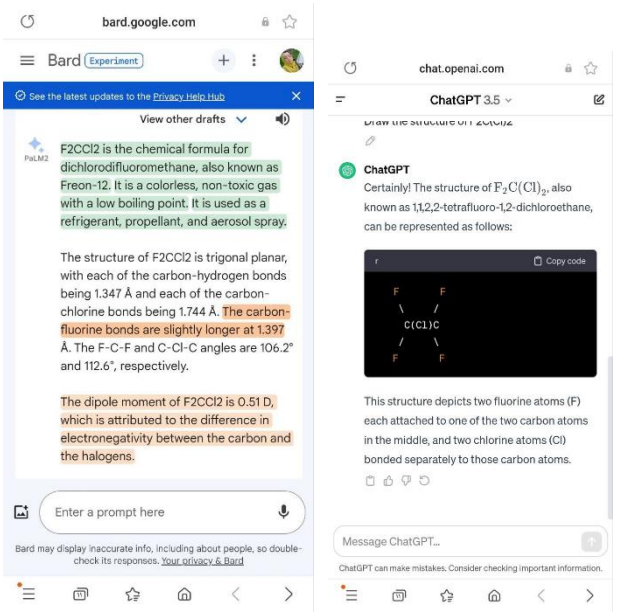
جدول۱- پاسخ‌های چت جی پی تی و بارد در مقوله شکل ترکیبات شیمیایی

ترکیب شیمیایی	شکل مولکول مورد پرسش	بارد	چت جی پی تی
$[Ag(NH_3)_2]^+$	خطی	درست	درست[1]
BCl_3	مسطح سه گوش	درست	درست
Naphthalene	دو حلقه شش گوشه متصل و مسطح	درست	درست
$F_2C(Cl)_2$	چهاروجهی نامنظم	درست	نادرست
$[CoCl_2(py)_2]$	چهار وجهی	درست[2]	درست[2]
$[Cu(CN)_3]^{2-}$	مسطح سه گوش	درست[3]	نادرست[3]

[1]در داده های ۲۳مارس ارائه شده در وبیناری با نام آموزش، انجمن شیمی آمریکا[1]، این گزینه تا حدودی صحیح گزارش شده است(۵۸٪). [2]در داده‌های ۱۴ جولای ارائه شده در وبینار انجمن شیمی آمریکا، این گزینه نادرست یعنی مسطح مربع توسط چت جی پی تی گزارش شده‌است. [3]در داده‌های ۱۴ جولای ارائه شده در وبینار انجمن شیمی آمریکا، این گزینه درست گزارش شده‌است

در جدول ۱، داده‌های به دست آمده از این دو چت ربات، در تاریخ ۱۷ دسامبر، با برخی داده‌های موجود و گزارش شده در وبینار هوش مصنوعی یادگیری، آموزش و پژوهش انجمن شیمی آمریکا مقایسه شده‌است. در این بخش سه ترکیب کمپلکس و سه ترکیب دیگر شامل بور تری کلرید، دی کلرو دی فلوئور متان، و یک ترکیب آلی دو حلقه‌ای نفتالین مورد سؤال قرار گرفته‌است. در شکل ۱ دو پاسخ این دو چت بات آمده‌است. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در حال حاضر چت جی پی تی و بارد هر یک در برخی پاسخ‌ها با ارائه تصویر علاوه بر توضیح چگونگی ساختار، زوایا پیوندی و طول پیوند به تکمیل پاسخ خود می‌پردازد گرچه در مورد شکل ۱، پاسخ چت جی پی تی، اشتباه می‌باشد.

[1] ACS. Education



شکل۱- نمونه پاسخ چت جی پی تی (تصویر چپ) و بارد (تصویر راست) درباره شکل F_2CCl_2

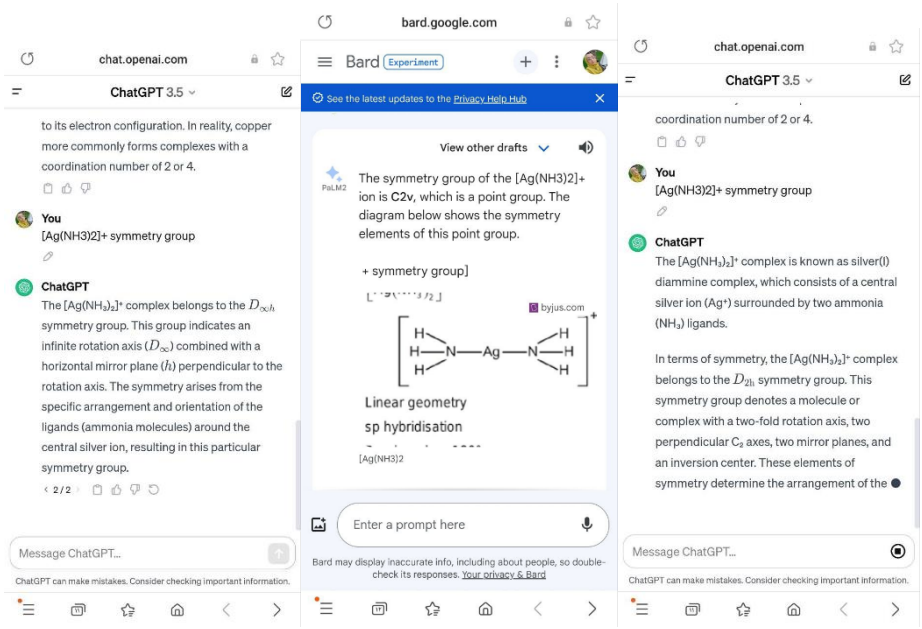
پاسخ‌های این دو چت بات در مقوله تقارن برای هر کدام دوبار پرسیده شد و نتایج در جدول ۲ خلاصه شده است نمونه‌ای از پاسخ‌های این دو هوش مصنوعی در شکل ۳ و ۴ مقایسه شده‌است.

جدول۲- پاسخ‌های چت جی پی تی و بارد در مقوله گروه نقطه‌ای

ترکیب شیمیایی	گروه نقطه ای	Bard	ChatGPT
$[Ag(NH_3)_2]^+$	$D_{\infty h}$	درست[۲]	درست[۱]
BCl_3	D_{3h}	درست	درست
Naphthalene	D_{2h}	درست	درست
$F_2C(Cl)_2$	C_{2v}	درست[۱]	درست[۱]

[۱]چت بات، در تکرار پرسش پاسخ خود را اصلاح کرد. [۲] بارد به نظر می رسد با توجه به شکل باز لیگاندهای این کمپلکس پاسخ C_{2v} را ارائه می‌دهد از این نظر این پاسخ هم درست بشمار می‌رود گرچه در مقوله آموزش تقارن مبتدی از ساختار باز لیگاندهایی نظیر آمونیاک صرف‌نظر می‌شود.

در شکل۲. یک نمونه پاسخ چت جی پی تی و بارد، مقایسه شده است:



شکل۲- نمونه پاسخ چت جی پی تی (تصویر بالایی) و بارد (تصویر پایین) درباره مقوله تقارن $[Ag(NH_3)_2]^+$

همانگونه که شکل ۲ نشان می‌دهد، در حال حاضر بارد نسبت به چت جی پی تی، قادر است با ارائه تصویر از مولکول، به تکمیل پاسخ خود بپردازد در صورتی که چت جی پی تی، تنها با ارائه توضیحات در این مورد قادر به پاسخگویی است.

محاسبه انرژی شبکه و مقایسه انرژی شبکه جامدات بلوری یونی

محاسبه انرژی شبکه مطابق قانون هس، به وسیله هر دو چت بات انجام می‌گیرد. اصول اولیه این محاسبه را براساس چرخه بورن- هابر یا قانون هس انجام می‌دهند اما درستی پاسخ‌های دو چت بات با یکدیگر متفاوت است (در شکل ۳ به عنوان نمونه نحوه محاسبه هر دو چت بات برای Rb_2O را نشان می‌دهد) هر دو مسیر محاسبه طبق قانون هس را طی می‌کنند در مورد شناسایی و تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر موفق هستند اما تفاوت در بازآرایی معادله آخر خود را نشان می‌دهد. جدول ۳ به مقایسه پاسخ‌های این دو چت بات در مورد مثال آمده‌است:

جدول۳- پاسخ‌های چت جی پی تی و بارد در مقوله محاسبه انرژی شبکه

جامد بلوری	انرژی شبکه*	Bard	ChatGPT
KBr	-۶۸۶	-۶۸۶.۰	۲۱۶
CsCl	-۶۶۹	۶۶۸.۵	۱۱۶
CaO	-۳۵۱۴	-۲۳۶۹.۰	۱۱۳۳
Rb_2O	-2250	-1765, -2121	-242 ,-787

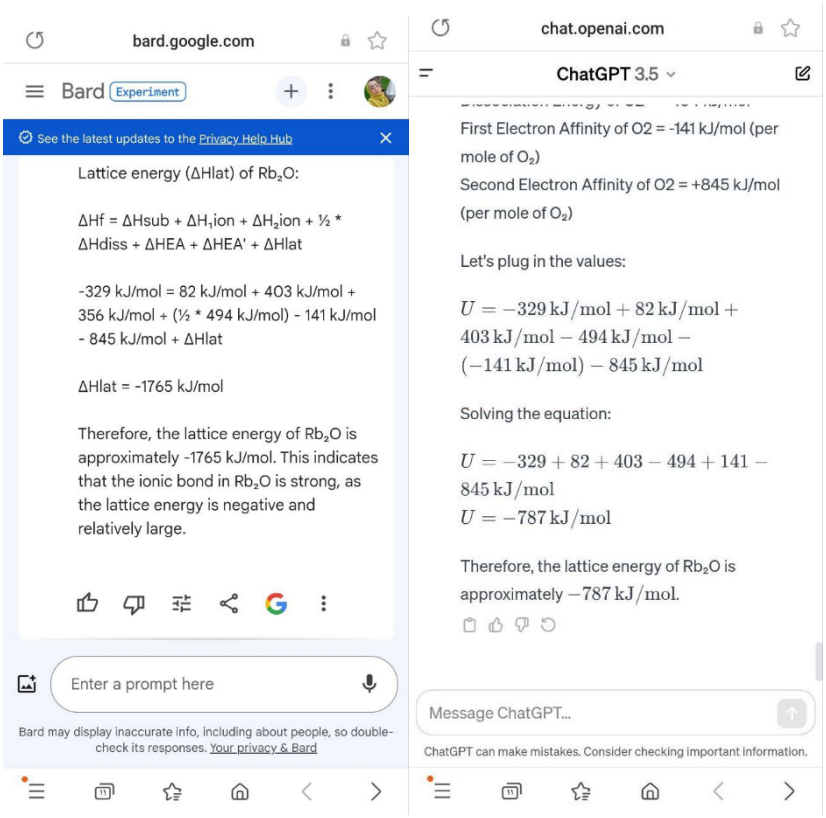
* محاسبه انرژی شبکه توسط انسان- تمامی واحدها بر حسب KJ/mol

پیش بینی مقایسه‌ای انرژی شبکه دو ترکیب جامد بلوری یکی از مواردی است که در مبحث کاربرد معادله بورن-مایر استفاده می شود؛ لذا در این مقوله نیز چت بات‌ها به پرسش‌های طرح شده و پاسخ‌های آنها در مورد مقایسه انرژی شبکه دو ترکیب داده شده در جدول ۴ آمده‌است (یک نمونه از پاسخ‌ها در شکل ۴ آمده‌است).

جدول۴- پاسخ‌های چت جی پی تی و بارد در مقوله مقایسه انرژی شبکه (بورن – مایر)

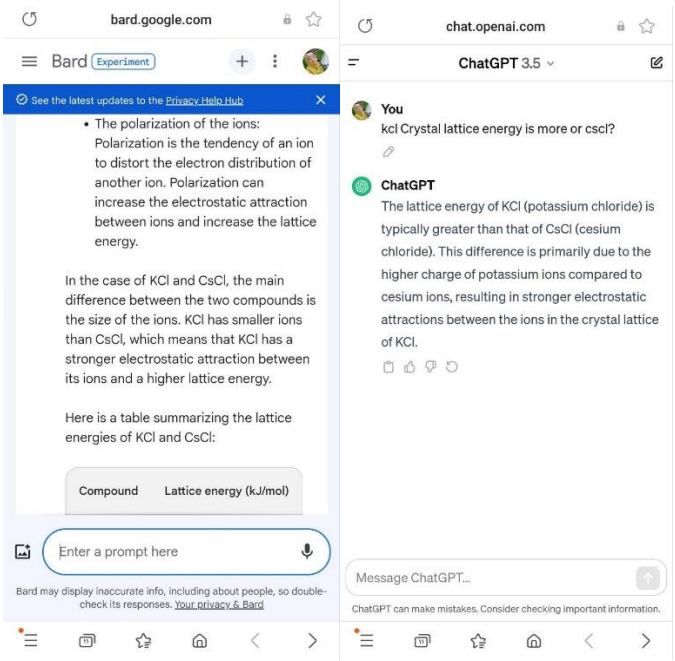
جامد بلوری	انرژی شبکه *	Bard	ChatGPT
NaBr , NaCl	NaBr< NaCl	درست	درست (دلیل نادرست)
KCl , CsCl	CsCl<KCl	درست	درست (دلیل نادرست)
Na_2O, ZnO	ZnO> Na_2O	درست	درست

* محاسبه انرژی شبکه توسط انسان- تمامی واحدها بر حسب KJ/mol



شکل۳- نمونه پاسخ جی پی تی (تصویر چپ) و بارد (تصویر راست) درباره مقوله

محاسبه انرژی شبکه یک سیستم Rb_2O

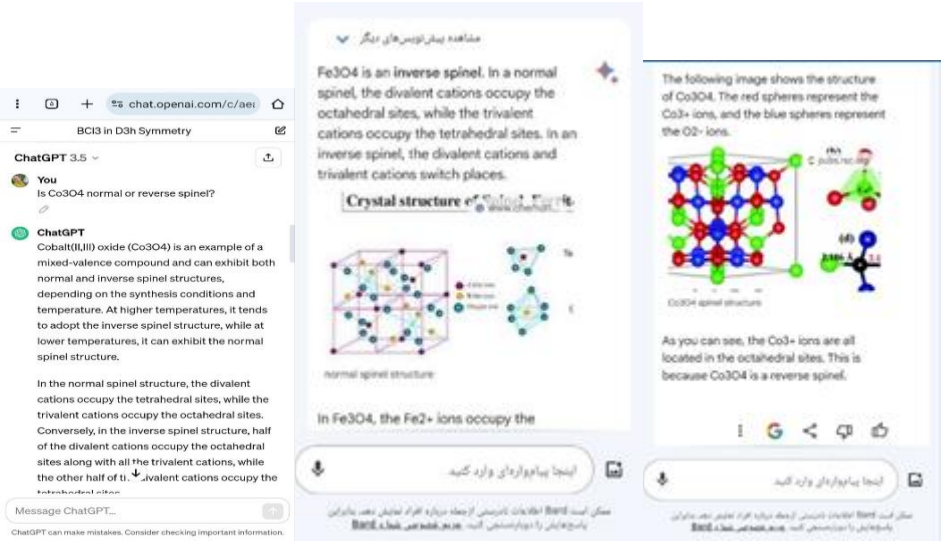


شکل۴- نمونه پاسخ جی پی تی (تصویر راست) و بارد (تصویر چپ) درباره مقوله

مقایسه انرژی شبکه دو سیستم KCl و CsCl

پیش بینی ساختار اسپینل‌ها

تشخیص ساختار اسپینل‌ها از نظر معمولی یا معکوس در شیمی معدنی ۱ مبحث جامدات بلوری آموزش داده می‌شود از دیدگاه نظری با محاسبه انرژی میدان بلور هر دو ساختار و مقایسه آنان با یکدیگر ساختار ترجیحی، انتخاب می‌گردد. دسترسی به یک مرجع که پیش بینی درست را به همراه توضیحات لازم شفاف سازی کند، مورد نیاز فراگیران است تا پاسخ‌های خود را سریع‌تر ارزیابی نمایند. لذا تعداد نمونه پرسش‌های متنوعی در مورد پیش بینی ساختار معمولی و معکوس اسپینل‌ها تهیه و از بارد و جی پی تی، پرسیده شد. شکل۵ یک نمونه پاسخ جی پی تی و بارد را در مورد ساختار اسپینل‌ها نشان می‌دهد.



شکل۵- نمونه پاسخ جی پی تی (تصویر راست) و بارد (تصویر وسط و چپ) درباره ساختار اسپینل Co_3O_4 و Fe_3O_4

شکل۶- پاسخ از نرم افزار کاپیلوت (چت جی پی تی ۴ و دالی) درباره ساختار اسپینل Fe_3O_4

بحث و نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی می‌تواند در تحقیق و آموزش به کار گرفته‌شود و گزارش‌هایی از این کاربردها پیشتر به آن‌ها اشاره شده‌است. این پژوهش در سه حوزه آموزش شیمی معدنی شامل: شکل مولکول، تعیین گروه نقطه‌ای، کاربرد قانون هس در محاسبه انرژی شبکه و نهایتا بررسی قانون بورن - مایر و پیش بینی ساختار اسپینل‌ها از دو چت بات هوش مصنوعی بارد و چت جی پی تی انجام گرفته‌است. بررسی‌های اولیه نشان داد، علی رغم این که به نظر می‌رسد این جت بات‌ها به زبان فارسی نیز تسلط دارند و در گفتگوهای عادی از آن پشتیبانی می‌کنند، اما مشخص شد در حوزه شیمی و ترجمه تخصصی به فارسی برای پاسخ گویی به طور متناوب، جی پی تی و بارد مرتکب اشتباه می‌شوند مثلا در حوزه گروه و اعضای تقارن چت جی پی تی نماد "E" در فارسی را به جای عنصر "همانی"، به "مرکز تقارن" تبدیل می‌کند و... اما در صورت استفاده از زبان انگلیسی این نوع اشتباهات حذف می‌شود، لذا برای هر دو چت بات زبان انگلیسی را برای مکالمه انتخاب کردیم. مقوله استفاده از چت بات‌ها در آموزش پیش بینی شکل و گروه نقطه‌ای مولکول‌ها و کمپلکس‌ها: طبق جدول ۱و۲ که به طور نمونه تعدادی از پاسخ‌های این دو چت بات آمده‌است، در غالب موارد پاسخ‌های این دو چت بات درست است. و در توضیح زوایا و پیش بینی فواصل پیوندی نیز داده‌های غالبا درستی را از منابع گردآوری و به صورت نتیجه ارائه می‌دهد. پاسخ‌های نادرست اغلب در مورد پیش بینی شکل کمپلکس‌ها نسبت به مولکول‌های دیگر می‌باشد که ممکن است به مورد سؤال قرار گرفتن کمتر برخی از کمپلکس‌های نامتداول در متون درسی، مرتبط باشد (چت جی پی تی در معدودی موارد شکل مولکولی پاسخ نادرست همراه با رسم ساختار لوویس اشتباه ارائه کرد (شکل۱) اما در بخش تعیین گروه نقطه‌ای، شکل تصحیح شده را مد نظر قرار داد و گروه نقطه‌ای را در پاسخ به تکرار پرسش دوم تصحیح کرد). مقایسه داده‌های این بخش با نتایج گزارش شده در این زمینه در وبینار هوش مصنوعی یادگیری، آموختن و نوشتن (انجمن شیمی آمریکا، آموزش شیمی، ۲۰۲۳) نشان می‌دهد که این که دو چت بات، در موارد معدودی از تعیین شکل مولکول‌ها و کمپلکس‌ها، بهبود یافته اما کماکان دارای اشتباهاتی است که نمی‌توان به طور مطمئن به عنوان دستیار آموزشی در این حوزه انتخاب کرد. از میان بررسی پاسخ-های بارد و چت جی پی تی، و مقایسه آنها (جدول ۱ و به عنوان نمونه شکل ۱ و ۲) پاسخ‌های بارد در زمان نگارش این پژوهش با اشاره به منبع از طریق مشخص کردن متن در پاسخ است و یا برای مطالعه بیشتر آدرس منابعی که شکل مولکول‌ها را در سایت و... یافته است؛ ارائه می‌دهد از این جهت - حداقل در موارد پرسش شده و مشابه آن - نسبت به چت جی پی تی، در حال حاضر عملکرد بهتری دارد در حالی که پاسخ‌های درست بیشتری (۹۰ درصد بارد در مقابل ۷۵درصد چت جی پی تی) را هم ارائه می‌دهد.

در مقوله محاسبه انرژی شبکه و مقایسه انرژی شبکه جامدات بلوری یونی بایکدیگر، همانطور که در جدول ۳ و نمونه پاسخ شکل ۳ و ۴ مشاهده می‌شود پاسخ‌های جی پی تی در حال حاضر برای محاسبه انرژی شبکه طبق قانون هس، کاملا اشتباه است، اما بارد در ۵۰ درصد پرسش‌ها از جامدات یونی شامل اشکال AB و A2B, AB2 پاسخ اشتباه دارد که مطابق جدول ۳ و نمونه شکل ۳، این اشتباهات در اشکال جامد A2B, AB2 می‌باشد و در مورد اشکال یونی AB، پاسخ‌ها درست هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که گرچه در تشخیص اجزای چرخه بورن - هابر و نوشتن معادله بر اساس قانون هس، در اغلب مسیرها، هر دو چت بات، درست عمل می‌کنند اما در محاسبه عددی دچار خطای محاسبه‌ای (بارد در اشکال جامد A2B, AB2) هستند و اشکالاتی نظیر عدم توجه به دخالت استوکیومتری اجزا واکنش‌های چرخه، موجب پاسخ اشتباه آن‌ها می‌شود. پیشتر در مطالعه تیسون (۲۰۲۳)، به وجود خطاهای محاسبه‌ای چت بات‌ها از جمله چت جی پی تی نیز تاکید شده‌بود. در این میان خطاهای چت جی پی تی نسبت به بارد بسیار بیشتر است به طوری که پاسخ‌ها با محاسبه شد متوسط انسان، تفاوت چشمگیری دارد. در این مورد به نظر می‌رسد چت بات بارد به دلیل عدم خطا در برای شکل‌های یونی از نوع AB، بتواند به عنوان یک دستیار آموزشی که پیشتر در مطالعه هومفری و فولر (۲۰۲۳) گزارش شده، با بهره‌گیری از راهبرد تدریس از نوع آموزش معکوس برای محاسبه انرژی شبکه جامدات یونی مطابق قانون هس، استفاده شود. هر دو چت بات برای همه اشکال یونی می‌توانند از طریق راهبرد تدریس ترکیبی شامل داربست فراشناختی در سطح آموزش‌های دانشگاهی استفاده کرد این روش توسط اگزینتاریس و همکاران (۲۰۲۳) برای حل مسائل شیمی در حوزه محلول‌ها و غلظت نیز اجرا و پیشنهاد شده‌است.

در مقوله مقایسه انرژی شبکه دو جامد بلوری مطابق معادله بورن - مایر، (جدول ۴) داده‌های به دست آمده نشان می‌دهد پاسخ‌های بارد در مقایسه انرژی شبکه و دلیل بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر بودن انرژی شبکه جامد یونی بلوری (پاسخ و دلیل درست ۱۰۰ درصد) نسبت به چت جی پی تی (پاسخ و دلیل درست تقریبا ۵۰ درصد)، وضعیت بهتری دارد و به طور قابل قبولی می‌تواند به عنوان دستیار آموزشی در این حوزه از بارد استفاده شود. اما از جی پی تی نیز به عنوان منبع آموزشی از طریق داربست فراشناخت می‌توان در این زمینه بهره برد اما باید توجه داشت گرچه به طور کلی، استفاده از راه حل‌های کار شده اشتباه می‌تواند یک ابزار آموزشی مفید در آموزش شیمی باشد. با این حال، باید همراه با سایر روش‌های آموزشی استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که دانش‌آموزان طیفی از راهبردهای حل مسئله خود را توسعه می‌دهند و بیش از حد بر شناسایی خطاها متمرکز نمی‌شوند (اگزینتاریس و همکاران۲۰۲۳). در مقوله پیش بینی ساختار اسپینل‌ها، بررسی پاسخ‌های تولید شده، نشان می‌دهد که بارد در مقایسه با جی پی تی، به تمامی پرسش‌ها در خصوص پیش بینی نوع اسپینل پاسخ صحیح داد.

اگرچه پاسخ های جی پی تی، نیز غیر از یک مورد که در پرسش بعدی تصحیح کرد نسبتا درصد بالایی (۹۹٪) درست بودند. اما پاسخ‌های بارد با ارائه شکل و توضیحات کامل‌تری همراه بود. از این جهت بارد کارایی بهتری نسبت به جی پی تی از خود نشان می‌دهد. (برای بررسی بیشتر، همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده‌است؛ با استفاده از چت بات کاپیلوت که از ادغام چت جی پی تی ۴ و دالی بهره می‌برد؛ خواسته شد ساختار اسپینل Fe_3O_4 را رسم کند انتظار بر این بود بتواند این نسخه بالاتر چت جی پی تی، ساختاری نظیر بارد را ارائه دهد اما نتیجه یک ساختار کاملا نادرست و تقریبا هنری می‌باشد).

در حالی که مطالعه هالال و همکاران (۲۰۲۳)، بررسی عملکرد و دقت دو چت ربات چت جی پی تی و بارد در درک نمادهای ساختاری مبتنی بر متن مانند ساختارهای متراکم، اینچی و اسمایلز و پاسخ به سوالات مرتبط با شیمی آلی، منجر به این یافته شد که چت جی پی تی، عملکرد بهتر و صحیح‌تری نسبت به بارد دارد اما در این مطالعه در مقوله انرژی شبکه و مقایسه دو جامد یونی بلوری از این نظر، و تا حدودی در مقوله تقارن، عملکرد چت بات بارد به وضوح بهتر از چت جی پی تی مشاهده گردید. همانگونه که الاسدی و همکاران (۲۰۲۳)، تاکید داشتند، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند به طراحی برنامه‌های درسی ویژه و شخصی برای هر فراگیر کمک کند لذا، استفاده از بارد به عنوان یک چت بات که در زمینه آموزش شیمی حوزه پیش بینی شکل و گروه نقطه‌ای مولکول و مقایسه انرژی شبکه و پیش بینی ساختار اسپینل‌ها کارکرد نسبتا بهتری دارد، توصیه می‌شود. اما طبق داده‌های به دست آمده، باید توجه داشت این چت بات ها در حل پرسش‌هایی که در سطح کاربرد و حل مسئله هستند دارای تنگنا و محدودیت هستند و لذا طراحی این گونه درسنامه‌ها آموزشی باید به دقت و با نظارت مربیان انجام گیرد، این نظر همسو با گزارش هومفری و فولر (۲۰۲۳) و بوتا و همکاران (۲۰۲۳) نیز می‌باشد. استفاده از کاپیلوت (هوش مصنوعی مایکروسافت: جی پی تی -۴ و دالی) به صورت آزمایشی روی تعدادی از پرسش‌های این پژوهش نیز بررسی گردید که وضعیت نسبتا بهتری را در مقایسه با چت جی پی تی ۳.۵ نشان می‌دهد. با توجه به این که بارد نیز در حال حاضر با هوش مصنوعی جدید گوگل جمینای۱ اولترا (بلاگ گوگل۲ ۲۰۲۴)، ادغام شده است، لذا انتظار می‌رود که استفاده از این نسخه تلفیق یافته بارد و جیمینای در صورت دسترسی نتایج را نسبت به قبل بهبود بخشد.

در حالی که هوش مصنوعی پتانسیل امیدوارکننده‌ای را به عنوان ابزارهای آموزشی پایدار در خود دارند اما به ویژه با توجه به سرعت سریع پیشرفت‌ها، بایستی در زمینه راهبردهای تدریس در زمینه به کارگیری از آنها، به دقت نظارت شود. اگرچه سیستم‌های هوش مصنوعی در یافتن پاسخ‌های توصیفی و در سطح دانش، عالی هستند و این کار را به

[1] Gemini
[2] blog.google

طور فزاینده‌ای به خوبی انجام داده و خواهند داد اما این به ما بستگی دارد که چگونه و درست سؤال بپرسیم و نتایج را به طور انتقادی ارزیابی کنیم تا به پاسخ و راه حل‌ها درست رهنمود شویم. در حوزه اخلاق و کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی باید گفت، مسایلی از قبیل سهولت دسترس پذیری یکسان کاربران به این فناوری، حائز اهمیت است. در حالی که استفاده از این فناوری در ایران با محدودیت فیلتر بودن مواجه است و کاربران بایستی هزینه مضاعف و تجربه سرعت پایین را برای دسترسی به آن بپردازند از نکات منفی کاربرد این فناوری در آموزش است، همچنین نسخه‌های جی پی تی- ۴، در هوش مصنوعی کاپیلوت، نیاز به سیستم‌های اندرویدی حداقل ۷ بالاتر دارد که ممکن است خرید موبایل‌هایی با این سطح برای برخی فراگیران از نظر اقتصادی آسان نباشد.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

ACS. Education (2023). AI for learning, teaching, and writing, https://youtu.be/m7iMTmuesTI?si=WEBBLYfafuhITSFz

Alasadi, A., Carlos, R. (2023). Generative AI in education and research: opportunities, concerns, and solutions. *Journal of Chemical Education*, 100, 2965−2971.

Blog.google (2024). Introducing Gemini: Google's most capable AI model yet - The Keyword, (https://blog.google/technology/ai/google-gemini-ai/amp/)

Botha, M., Ostovar, M. (2023). Evaluating academic answers generated using ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 100, 1672−1675

Dignum, V. (2021). The role and challenges of education for responsible AI. *London Review of Education*, 19 (1), 1, 1–11.

Dwivedi, Y.K., Hughes, L., Ismagilova, E. (2021). Artificial intelligence (AI): multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy, *International Journal of Information Management*, 57, 101994.

Exintaris, B., Karunaratne, N., Yuriev, E. (2023). Metacognition and critical thinking: using ChatGPT-Generated responses as prompts for critique in a problem-solving workshop. *Journal of Chemical Education*, 100, 2972−2980.

Hallal, K., Hamdan, R., Tlai, S. (2023). Exploring the potential of AI-Chatbots in organic chemistry: An assessment of ChatGPT and Bard. *Computers and Education, Artificial Intelligence*, 5,100170.

Humphry, T., Fuller, L. (2023). Potential ChatGPT use in undergraduate chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 100, 4, 1434–1436.

Stahl, C., Eke, D. (2024). The ethics of ChatGPT-Exploring the ethical issues of an emerging. Technology. *International Journal of Information Management*, 74, 102700.

Talanquer, V. (2023). Interview with the Chatbot: how does it reason? *Journal of Chemical Education*, 100, 2821−2824.

Tyson, J. (2023). Shortcomings of ChatGPT. *Journal of Chemical Education*, 100 (8), 3098-3101.

Vo, K., Sarkar, M., White, P. J. (2022) Problem solving in chemistry supported by metacognitive scaffolding: teaching associates' perspectives and practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 23 (2), 436- 451.

West, Joseph K., Franz, Jeanne L., Hein, Sara M., (2023). An analysis of AI-Generated laboratory reports across the chemistry curriculum and student perceptions of ChatGPT. *Journal of Chemical Education*,100, 4351−4359.

Yuriev, E., Wink, Donald J., Holme, A. (2023). Virtual special issue call for papers: Investigating the uses and impacts of generative artificial intelligence in chemistry education, *Journal of Chemical Education*, 100, 3168−3170.