


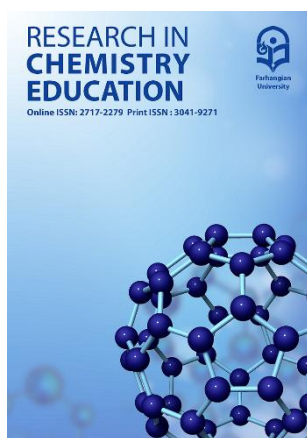


The effect of AI tools on academic achievement in chemistry education

1. Amin Taghipour^{*} : Department of Psychology and Counselling, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
2. Ali Eghbali : Department of Psychology and Counselling, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
3. Majid Dadashzadeh : Department of Psychology and Counselling, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: a.taghipour@cfu.ac.ir



Abstract:

Background and Objective: Recognizing the importance of modern technologies in education, this research investigates the impact of using artificial intelligence (AI) systems on students' academic performance in chemistry. The primary goal is to determine the effectiveness of these tools in enhancing students' learning and engagement with chemistry concepts. **Methods:** This applied research was conducted using a quasi-experimental design with pre-test and post-test, and a control group. The statistical population included all twelfth-grade science students in Bonab County during the academic year 2024-2025. The sample size, determined using Bartlett's table, was a minimum of 87 participants, selected through convenience sampling. Participants were randomly assigned to either an experimental or a control group. Data collection tools included ChatGPT chatbots with Wolfram Alpha and ChemDraw plugins, and two researcher-made academic achievement tests on chemistry (pre-test and post-test). **Findings:** The results indicated that the experimental group had a significant improvement in their academic performance compared to the control group. This improvement was evident in the post-test scores compared to the pre-test scores in the experimental group and was significantly different from the control group. **Conclusion:** These findings suggest that the use of chatbots and AI systems can be used as an effective tool in promoting learning, student engagement with chemistry concepts, and providing personalized feedback.

Keywords: Artificial Intelligence, Chatbot, Chemistry Education, Academic Performance

How to Cite: Taghipour, A., Eghbali, A., & Dadashzadeh, M. (2026). Investigating the Influence of the STEM Approach in Elementary Science Textbooks. *Research in Chemistry Education*, 8(1), 146-161.

DOI: [10.48310/chemedu.2025.18719.1315](https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.18719.1315)



Extended Abstract

Introduction

In today's fast-paced world, where science and technology are advancing at an ever-increasing rate, learning fundamental sciences, especially chemistry, plays a vital role in shaping a brighter future (Mahaffy, 2004). However, evidence and statistics indicate that over 60% of students worldwide consider chemistry to be one of the most challenging scientific subjects (Huang, 2020). This situation not only reflects the inherent complexity of chemical concepts but also suggests that traditional teaching approaches alone are inadequate to meet the diverse learning needs of students (Oda-Abunamas et al., 2022). This alarming statistic serves as a wake-up call for educational systems, teachers, and learning specialists to seek innovative and effective solutions for facilitating the chemistry learning process.

In recent years, significant breakthroughs have been achieved in the field of artificial intelligence and its related technologies. From self-driving cars to smart voice assistants, artificial intelligence is rapidly infiltrating various aspects of life (Kosasi et al., 2023), and the field of education has not been exempted from these changes, with the popularity of technology continuously on the rise (Ahmadi et al., 2024). Chatbots and AI-based systems, leveraging advanced algorithms and natural language processing capabilities, have emerged as powerful educational tools (Liu & Li, 2024). These tools can enhance the learning process by providing personalized feedback, facilitating students' interactions with educational content, and responding to their questions in real-time. For example, chatbots can assist students in solving stoichiometry problems or explain concepts related to chemical equilibrium (Liu et al., 2024). Indeed, artificial intelligence has the potential to become a virtual private tutor, guiding students along their learning journey (Ma & Li, 2024). Additionally, the use of artificial intelligence technology can assist in delivering educational content to students and enhancing their learning processes while also providing support for teachers. Teaching methods improved by this technology can lead to increased motivation, collaboration, engagement, and learning outcomes (Bahrami Madah & Sa'adati, 2024). Specifically, the use of intelligent chatbots and artificial intelligence in chemistry education can yield significant benefits. These tools can explain complex and abstract chemistry concepts in simpler and more understandable language, guide students in solving chemistry problems, and provide varied exercises to reinforce learning (Ibnozaman et al., 2024).

The traditional educational system, which often relies on one-sided lectures and rote memorization, cannot adequately address the diverse learning needs of students. Some students may require more personalized and detailed explanations, while others may benefit more from interactive and hands-on learning. In such instances, utilizing intelligent educational tools can help teachers more effectively respond to students' learning needs and create a more active and engaging learning environment (Aquino & Bushel, 2020). In fact, chatbots and AI systems are not intended to replace teachers; rather, they are powerful tools that can support educators in delivering higher-quality instruction. However, today, with the increasing accessibility and ongoing development of artificial intelligence in various aspects of human life, chemistry educators are, like other professionals in diverse fields, keen to explore and implement these tools in their practice (Ahmadabadi & Masrournia, 2024). Therefore, the main question of this research is: What impact do chatbots and AI-based systems have on students' understanding of fundamental chemistry concepts?

Methodology

This study employed a quasi-experimental design utilizing a pre-test and post-test with comparison groups. The statistical population comprised all 12th-grade science students in the city of Bonab during the 1404-1403 academic years, totaling 357 students. The sample size was determined using Bartlett's table at a significance level of 0.05, resulting in a minimum of 87

participants (43 female students and 44 male students). Due to the constraints of the study regarding specific control conditions for influential variables, administrative issues, participant consent, and available resources, the sample was selected through purposive and accessible sampling methods. Participants were randomly assigned to either an experimental group (21 females and 22 males) or a control group (20 females and 24 males).

In this research, the independent variable was the use of chatbots and artificial intelligence alongside traditional teaching methods, while the dependent variable was the students' academic performance in chemistry (both percentage and standard score). In the intervention group, in addition to traditional teaching conducted in face-to-face classes, ChatGPT chatbots with the Wolfram Alpha plugin, as well as the ChemDraw chatbot, were utilized as supplementary educational tools.

Pre-test data were gathered using the first term scores of students from the academic year of 2024-2025. To collect post-test scores reflecting academic progress, a 19-item test based on the taught concepts was administered to both the control and experimental groups. The content validity of these tests was confirmed based on the opinions of five chemistry teachers, and their reliability was evaluated based on the Livingston coefficient, which was reported as 0.79. The data collected from the pre-test and post-test were analyzed using SPSS software version 23.

Results and Discussion

For the data analysis in this study, univariate analysis of variance (ANOVA) was employed. Participants' scores in the chemistry academic achievement pre-test were considered as the covariate, and participants' scores in the chemistry academic achievement post-test were treated as the dependent variable.

Table 1- Central Tendency Indices for the Variable of Academic Achievement in Chemistry by Group and Gender of Subjects

Variables	Pre-test			Post-test			
	Frequency of subjects	of mean	Mean criterion error	Frequency of subjects	of mean	Mean criterion error	
Academic achievement of chemistry	Control	44	11.01	2.44	44	11.25	2.15
	Experimental	43	12.38	1.81	43	14.87	2.13
	Girls	44	11.75	2.20	44	13.15	2.74
	Boys	43	11.61	1.99	43	12.84	2.83
	The whole	87	11.68	2.09	87	12.99	2.77

Table 1 presents the measures of central tendency for the chemistry academic achievement variable, based on the participants' group and gender. As can be observed, the mean chemistry academic achievement differs between the experimental and control groups. To examine the statistical significance of this difference, a univariate analysis of covariance was used.

Table 2- Results of Levene's Test to Examine the Homogeneity of Variances of Research Variables

Variables	Number	Statistic	Significance Level
Academic achievement of chemistry	87	1.97	0.081

Table 2 presents the results of Levene's test to examine the homogeneity of variance of errors for the chemistry academic achievement variable. As can be observed, the value of Levene's test statistic for the chemistry academic achievement variable is not statistically significant at the 0.01 level ($P > 0.01$). Therefore, it can be concluded that the assumption of homogeneity of variance of errors for the variables in this study has been met.

Table 3- Results of the Univariate Analysis of Covariance Test to Examine the Effect of Using Chatbots and Artificial Intelligence on Academic Achievement in Chemistry

Variables	Sources of Changes	Sum of fabrications	Degree of freedom	Status F	Significant level	Effect size
Academic achievement of chemistry	Control & Experimental	130.87	1	45.71	0.001	0.358
	Gender	0.08	1	0.03	0.868	0.001
	Gender* Group	0.08	1	0.03	0.868	0.001

Table 3 presents the results of the univariate analysis of covariance (ANCOVA) to examine the effect of using chatbots and artificial intelligence on students' chemistry academic achievement. As can be observed, the F statistic for examining the difference in chemistry academic achievement scores between the experimental and control groups is 45.71, which is statistically significant ($P < 0.01$). This means that the average chemistry academic achievement score in the experimental group after using chatbots and artificial intelligence is higher than in the control group. Furthermore, the F statistic for examining the difference in the average chemistry academic achievement score between girls and boys is 0.08, which is not statistically significant ($P > 0.01$). Therefore, there is no difference between girls and boys in terms of the average chemistry academic achievement score. Additionally, the F statistic for examining the interaction between group (average chemistry academic achievement score) and gender, i.e., the simultaneous effect of these two independent variables on the average chemistry academic achievement score, is 0.08, which is not statistically significant ($P > 0.01$). In other words, the average chemistry academic achievement score of female students in both the experimental and control groups, and the chemistry academic achievement score of male students in both the experimental and control groups, are equal.

Conclusions

The results indicated that the use of these tools has a positive and significant impact on students' academic performance. These findings are consistent with previous research in the field of educational technology, which points to the positive impact of chatbots and artificial intelligence on learning. For example, Sugiarto et al. (2024), in a study titled "The Impact of Artificial Intelligence in Improving the Learning Achievement of High School Students," showed that AI can help teachers create students who excel in learning, especially at the high school level, and that students can improve their academic achievement in the learning process. Additionally, Azmatova et al. (2023), in a study titled 'The Impact of Using Artificial Intelligence and Digital Learning Tools Based on a Project-Based Learning Approach in Foreign Language Education on Student Success and Motivation,' concluded that the use of digital tools and AI not only helps students' academic progress and motivation but also reinforces learning. Fan et al. (2023), in a study titled 'Integrating Artificial Intelligence and Learning Analytics to Improve Student Learning in an Online Engineering Course,' addressed the integration of AI with learning analytics approaches. The main goal of this research was to improve the learning effects of students in a collaborative learning context. The findings of this study suggest that using an integrated approach of AI models and learning analytics feedback can be significantly effective in improving the learning process.

This alignment demonstrates that the current research is progressing in line with previous studies on artificial intelligence in education, and not only aligns with existing research but also emphasizes the importance and necessity of using innovative technologies in the teaching and learning process. However, this study, focusing on chatbots as interactive and personalized feedback tools, highlights new aspects of applying this technology in chemistry education.

In this theoretical framework, the research is grounded in cognitive, constructivist, and self-regulated learning theories. Cognitive theories emphasize the importance of learner's actively processing information (Stetson-Tiligadas, 2018). Chatbots,

by providing immediate and interactive feedback, can assist students in actively processing challenging concepts and developing a deeper understanding. Constructivist learning theory, central to this study, posits that learning is an active and constructive process shaped through interaction with the environment and others (Susyanah & Fajar, 2024). Chabot, by creating an interactive environment and encouraging active student participation in the learning process, support this principle. However, this research faced certain limitations that must be considered when interpreting the results. First, this study was conducted only in a specific grade and educational level, so its findings may not be generalizable to other educational stages. Second, the selection of participant groups was not random, which may introduce bias into the results. Third, this research only examined the short-term effects of Chabot usage; it is necessary to investigate the long-term impacts of these tools in future studies. These limitations indicate that the results of this research should not be interpreted definitively or without considering specific conditions, and they highlight the need for further studies in this area.

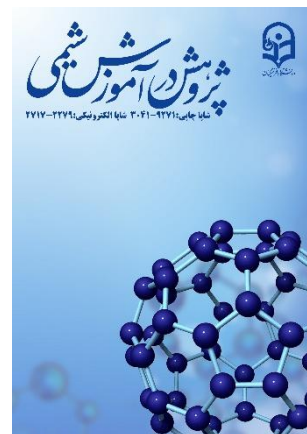
بررسی اثربخشی استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس شیمی

۱. امین تقی‌پور*^{id}: گروه آموزش روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران، ایران
 ۲. علی اقبالی^{id}: گروه آموزش روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران، ایران
 ۳. مجید داداش‌زاده^{id}: گروه آموزش روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران، ایران
- *پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.taghipour@cfu.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: با توجه به اهمیت فناوری‌های نوین در آموزش، این پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس شیمی می‌پردازد. هدف اصلی، تعیین میزان تأثیر این ابزارها در ارتقای یادگیری و تعامل دانش‌آموزان با مفاهیم شیمی است. **روش‌ها:** این پژوهش کاربردی به صورت نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان پایه‌ی دوازدهم تجربی شهرستان بناب در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. حجم نمونه با استفاده از جدول بارتلت، حداقل ۸۷ نفر تعیین و به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل اختصاص داده شدند. ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها شامل چت‌بات‌های ChatGPT با پلاگین Wolfram Alpha و ChemDraw، و دو آزمون محقق‌ساخته‌ی پیشرفت تحصیلی شیمی (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) بود. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل، بهبود معناداری در عملکرد تحصیلی خود داشتند. این بهبود در نمرات پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه آزمایش مشهود بود و تفاوت معناداری با گروه کنترل داشت. **نتیجه‌گیری:** این یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از چت‌بات‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر در ارتقای یادگیری، تعامل دانش‌آموزان با مفاهیم شیمی و ارائه بازخورد شخصی‌سازی‌شده مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژگان: هوش مصنوعی، چت‌بات، آموزش شیمی، عملکرد تحصیلی.



نحوه استناددهی: تقی‌پور، امین، اقبالی، علی، و داداش‌زاده، مجید. (۱۴۰۵). بررسی اثربخشی استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس شیمی. پژوهش در آموزش شیمی، ۸(۱)، ۱۶۱-۱۴۶.

DOI:

10.48310/chemedu.2025.18719.1315



مقدمه

در دنیای پرشتاب امروز، جایی که علم و فناوری با سرعتی فزاینده در حال پیشرفت هستند، یادگیری علوم پایه به ویژه شیمی، نقشی حیاتی در شکل‌دهی به آینده‌ای روشن‌تر ایفا می‌کند (ماهافی^۱، ۲۰۰۴). با این حال، شواهد و آمارها نشان می‌دهند که بیش از ۶۰ درصد دانش‌آموزان در سراسر جهان، شیمی را به عنوان یکی از چالش‌برانگیزترین دروس علمی تلقی می‌کنند (هوانگ^۲، ۲۰۲۰)؛ این موضوع نه تنها نشان‌دهنده پیچیدگی ذاتی مفاهیم شیمی است، بلکه حاکی از آن است که رویکردهای سنتی آموزش، به تنهایی برای پاسخگویی به نیازهای یادگیری متنوع دانش‌آموزان کافی نیستند (اودا ابونامس^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). این آمار تکان‌دهنده زنگ خطری است برای نظام‌های آموزشی، معلمان و متخصصان حوزه یادگیری، مبنی بر اینکه باید به دنبال راهکارهای نوآورانه و اثربخش‌تری برای تسهیل فرآیند یادگیری شیمی بود.

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه هوش مصنوعی و فناوری‌های مرتبط با آن رخ داده است. از خودروهای خودران گرفته تا دستیاران صوتی هوشمند، لذا هوش مصنوعی به سرعت در حال نفوذ به جنبه‌های مختلف زندگی است (کوساسی^۴ و همکاران، ۲۰۲۳) و حوزه آموزش نیز از این تحولات مستثنی نمانده است و محبوبیت فناوری به طور فزاینده در حال افزایش است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۳). چت‌بات‌ها و سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، با بهره‌گیری از الگوریتم‌های پیشرفته و قابلیت پردازش زبان طبیعی، به عنوان ابزارهای قدرتمند آموزشی ظهور کرده‌اند (لیو و لی^۵، ۲۰۲۴). این ابزارها، قادرند تا با ارائه بازخورد شخصی‌سازی شده، تسهیل تعامل دانش‌آموزان با محتوای آموزشی و پاسخگویی به سوالات آن‌ها به صورت لحظه‌ای، به بهبود فرآیند یادگیری کمک کنند. به عنوان مثال، چت‌بات‌ها می‌توانند به دانش‌آموزان در حل مسائل استوکیومتری کمک کنند و یا مفاهیم مربوط به تعادل شیمیایی را توضیح دهند (لیو^۶ و همکاران، ۲۰۲۴). در واقع، هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که به یک معلم خصوصی مجازی تبدیل شود و دانش‌آموزان را در مسیر یادگیری همراهی نماید (ما و لی^۷، ۲۰۲۴). همچنین استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی می‌تواند در ارائه مطالب آموزشی به دانش‌آموزان و روند یادگیری آنان کمک کرده و بستری نیز برای حمایت از معلمان فراهم آورد. شیوه‌های آموزشی به مدد این تکنولوژی بهبود یافته و انگیزه، همکاری، تعامل و دستاوردهای یادگیری نیز افزایش می‌یابد (بهرامی مداح و سعادت، ۱۴۰۳).

به طور خاص، استفاده از چت‌بات‌های هوشمند و هوش مصنوعی در آموزش شیمی، می‌تواند مزایای چشمگیری داشته باشد. این ابزارها قادرند مفاهیم پیچیده و انتزاعی شیمی را به زبان ساده‌تر و قابل فهم‌تر توضیح دهند، دانش‌آموزان را در حل مسائل شیمی راهنمایی کنند و با ارائه تمرین‌های متنوع، به تثبیت یادگیری کمک کنند (ابنوزامان^۸ و همکاران، ۲۰۲۴)؛ همچنین، چت‌بات‌ها می‌توانند به صورت شبانه‌روزی در دسترس دانش‌آموزان باشند و به آن‌ها امکان دهند که در هر

¹ Mahaffy

² Huang

³ Oda Abunamous

⁴ Kosasi

⁵ Liu & Li

⁶ Luo

⁷ Ma & Lei

⁸ Ibnuzaman

زمان و مکانی به منابع آموزشی دسترسی داشته باشند و از پشتیبانی تحصیلی بهره‌مند شوند. این ویژگی به ویژه برای دانش‌آموزانی که ممکن است در کلاس درس به دلیل خجالت یا کمبود وقت، نتوانند سوالات خود را مطرح کنند، بسیار ارزشمند است (سوسیانا و فاجارا، ۲۰۲۴).

اهمیت پرداختن به این موضوع از چندین جنبه قابل بررسی است. نخست آنکه، شیمی به عنوان یکی از علوم پایه، در بسیاری از رشته‌های تحصیلی و مشاغل آینده نقش اساسی دارد. از مهندسی شیمی و پزشکی گرفته تا داروسازی و علوم زیستی، درک عمیق مفاهیم شیمی برای پیشرفت و موفقیت در این زمینه‌ها ضروری است. بنابراین، هرگونه تلاش برای بهبود یادگیری شیمی، نه تنها می‌تواند به پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان کمک کند، بلکه می‌تواند بر انتخاب رشته‌های تحصیلی و مسیر شغلی آن‌ها نیز تأثیرگذار باشد. دوم آنکه، یادگیری شیمی می‌تواند مهارت‌های تفکر انتقادی، حل مسئله و استدلال منطقی را در دانش‌آموزان تقویت کند (سفیتری و همکاران، ۲۰۲۴). این مهارت‌ها برای موفقیت در تمام ابعاد زندگی ضروری هستند و به افراد کمک می‌کنند تا در مواجهه با چالش‌های مختلف، تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند.

علاوه بر این، نظام آموزشی سنتی که اغلب بر سخنرانی‌های یک‌طرفه و حفظ کردن مطالب متمرکز است، به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای یادگیری متنوع دانش‌آموزان باشد. برخی از دانش‌آموزان ممکن است نیاز به توضیحات بیشتر و شخصی‌سازی شده داشته باشند، در حالی که برخی دیگر ممکن است از یادگیری تعاملی و عملی بیشتر بهره ببرند. در چنین شرایطی، استفاده از ابزارهای هوشمند آموزشی، می‌تواند به معلمان کمک کند تا به صورت موثرتری به نیازهای یادگیری دانش‌آموزان پاسخ دهند و محیطی یادگیری فعال‌تر و جذاب‌تر ایجاد کنند (اکوینو و بوشل، ۲۰۲۰). در واقع، چت‌بات‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی، نه تنها جایگزینی برای معلمان نیستند، بلکه ابزاری قدرتمند هستند که می‌توانند به معلمان در ارائه آموزش با کیفیت بالاتر یاری برسانند. با این حال 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 به‌کارگیری از این ابزار در حرفه خود هستند (احمدآبادی و مسرورنیا، ۱۴۰۳).

پیشینه پژوهش

مرور ادبیات پژوهشی، نشان می‌دهد که استفاده از فناوری در آموزش شیمی، به طور کلی، مورد توجه محققان قرار گرفته است. به عنوان مثال، پژوهش ایاموریمه^۱ و همکاران (۲۰۲۴) با هدف بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش شیمی نشان داده است که این فناوری می‌تواند در ارائه مطالب آموزشی به دانش‌آموزان و روند یادگیری آنان کمک کرده و بستری برای حمایت از معلمان فراهم آورد. این پژوهش تأکید می‌کند که استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند شیوه‌های آموزشی را بهبود بخشد و انگیزه، همکاری، تعامل و دستاوردهای یادگیری را افزایش دهد. همچنین احمدآبادی و مسرورنیا (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به امکان‌سنجی بهره‌گیری از چت‌بات‌های هوش مصنوعی "بارد" و "چت جی پی تی" در آموزش شیمی معدنی پرداخته و توانایی این دو ربات را در پاسخ به پرسش‌هایی در زمینه شکل مولکول‌ها، تقارن، محاسبه انرژی شبکه و پیش‌بینی ساختار اسپینل‌ها بررسی کرده است. این پژوهش نشان می‌دهد که چت‌بات‌ها می‌توانند در سطوح مختلف یادگیری، از دانش تا حل مسئله، به کار گرفته شوند. همچنین، سهل‌الدین و ستوده قره باغ (۱۴۰۳) در مقاله‌ای به بررسی تأثیر

¹ Susyanah & Fajar

² Safitri

³ Aquino & BuShell

⁴ Iyamuremye

فناوری‌های دیجیتال بر آموزش مهندسی شیمی پرداخته و مزایای استفاده از ابزارهایی مانند نرم‌افزارهای ریاضی، شبیه‌سازهای صنعتی، واقعیت مجازی و افزوده، و ابزارهای متنوع هوش مصنوعی را مورد بحث قرار داده است. این مقاله به دانشجویان، اساتید و محققان کمک می‌کند تا با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، آموزش مهندسی شیمی را بهبود بخشند و چالش‌ها را به فرصت‌های جدید تبدیل کنند.

با این حال، کاربرد هوش مصنوعی و چت‌بات‌ها در این زمینه هنوز در مراحل اولیه خود قرار دارد و شکاف‌های متعددی در دانش وجود دارد. تحقیقات بیشتری در زمینه تأثیر چت‌بات‌ها بر یادگیری مفاهیم خاص شیمی، طراحی چت‌بات‌های آموزشی اثربخش و نقش معلمان در استفاده از این ابزارها مورد نیاز است. همچنین، بررسی مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف آموزش شیمی با استفاده از چت‌بات‌ها و تأثیر این ابزارها بر یادگیری دانش‌آموزان با سطوح مختلف دانش و توانایی‌های یادگیری نیز ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به مطالب گفته شده، هدف این پژوهش بررسی این موضوع است که استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، از جمله چت‌بات‌ها، چگونه می‌تواند در درک عمیق‌تر مفاهیم بنیادی شیمی توسط دانش‌آموزان موثر باشد. به عبارت دیگر، پژوهش به دنبال بررسی این موضوع است که آیا استفاده از این ابزارها می‌تواند به بهبود درک مفاهیم شیمی دوره متوسطه دوم مانند ساختار اتم، پیوندهای شیمیایی، واکنش‌های شیمیایی، استوکیومتری و سایر مفاهیم کلیدی شیمی کمک کند. با توجه به کمبود پژوهش‌های انجام شده در زمینه استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی در آموزش شیمی دوره دوم متوسطه در ایران، این پژوهش تلاش می‌کند تا با ارائه شواهد تجربی، به درک بهتری از پتانسیل این ابزارها در بهبود آموزش شیمی در نظام آموزشی کشور کمک کند. بنابراین، این پژوهش به دنبال پاسخ به این سوال است که استفاده از چت‌بات‌ها و سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی چه تاثیری بر درک مفاهیم بنیادی شیمی توسط دانش‌آموزان دارد؟

روش پژوهش

این پژوهش از نوع پژوهش‌های شبه آزمایشی بوده و از طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه‌های مقایسه استفاده شده است.

جامعه‌ی آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری: در این تحقیق، جامعه آماری شامل کلیه‌ی دانش‌آموزان پایه‌ی دوازدهم تجربی شهرستان بناب در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ به تعداد ۳۵۷ نفر بود. حجم نمونه با استفاده از جدول بارتلت در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، حداقل ۸۷ نفر (۴۳ نفر دانش‌آموز دختر و ۴۴ نفر دانش‌آموز پسر) تعیین گردید که به دلیل محدودیت‌های پژوهش از لحاظ شرایط خاص کنترل متغیرهای اثرگذار، مسائل اداری، رضایت آزمودنی‌ها، امکانات، به روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی، به دو گروه آزمایش (۲۱ دختر و ۲۲ پسر) و کنترل (۲۰ دختر و ۲۴ پسر)، اختصاص داده شدند.

ابزار پژوهش: در این پژوهش، متغیر مستقل، استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی در کنار تدریس سنتی بود و متغیر وابسته، عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در درس شیمی (درصد و تراز درس شیمی) بود. در گروه مداخله، علاوه بر تدریس سنتی که به صورت کلاس‌های حضوری انجام می‌شد، از چت‌بات‌های ChatGPT با پلاگین Wolfram Alpha و همچنین چت‌بات ChemDraw به عنوان ابزارهای کمکی آموزشی استفاده شد.

ChatGPT با پلاگین Wolfram Alpha: این چت‌بات برای موارد زیر مورد استفاده قرار گرفت: (۱) توضیح مفاهیم پیچیده شیمی با استفاده از زبان ساده و ارائه مثال‌های متنوع، (۲) حل مسائل محاسباتی و استوکیومتری به صورت گام به گام با نمایش مراحل حل، (۳) ارائه تمرین‌های بیشتر برای تثبیت مفاهیم و بازخورد

فوری به دانش‌آموزان. به عنوان مثال، هنگامی که دانش‌آموزان در درک مفهوم "تعادل شیمیایی" مشکل داشتند، از چت‌بات درخواست می‌شد تا با استفاده از مثال‌های مختلف و نمودارهای تصویری، این مفهوم را توضیح دهد و همچنین مسائل محاسباتی مربوط به این مبحث را حل کند.

ChemDraw: این چت‌بات برای موارد زیر مورد استفاده قرار گرفت: (۱) رسم ساختارهای مولکولی و فرمول‌های شیمیایی به صورت دقیق، (۲) نمایش واکنش‌های شیمیایی با جزئیات کامل، (۳) کمک به دانش‌آموزان برای درک مفاهیم انتزاعی شیمی به صورت بصری. به عنوان مثال، در هنگام آموزش نام‌گذاری ترکیبات آلی، از دانش‌آموزان درخواست می‌شد ساختارهای مختلف را در چت‌بات رسم کنند و بازخورد فوری دریافت نمایند. همچنین می‌توانستند، ساختارهای رسم شده را با ساختارهای صحیح مقایسه کنند.

دانش‌آموزان گروه مداخله در طول کلاس و همچنین به عنوان تکالیف تمرینی خارج از کلاس، به مدت ۱۲ جلسه‌ی ۹۰ دقیقه‌ای در طول ۶ هفته، از چت‌بات‌ها استفاده می‌کردند. تعامل با چت‌بات‌ها به صورت انفرادی و گروهی انجام می‌شد و معلم به عنوان راهنما و تسهیل‌گر در این فرآیند حضور داشت. چت‌بات‌ها در راستای برنامه درسی شیمی و سرفصل‌های آموزشی، به عنوان ابزاری برای یادگیری فعال و خودراهبر استفاده می‌شدند.

پیش‌آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی: برای داده‌های پیش‌آزمون، از نمرات نوبت اول دانش‌آموزان در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ استفاده شد. برای گردآوری نمره‌های پیشرفت تحصیلی پس‌آزمون، آزمون ۱۹ سوالی از مفاهیم تدریس شده برای گروه‌های کنترل و آزمایش استفاده شد. روایی محتوایی این آزمون‌ها بر اساس نظر ۵ نفر از معلمان شیمی، تایید و پایایی آن‌ها نیز بر اساس ضریب لیوینگستون^۱ بررسی و ۰/۷۹، گزارش شد.

شیوه‌ی اجرا: این پژوهش دارای یک متغیر مستقل با دو سطح (با استفاده از چت‌بات و بدون استفاده از چت‌بات) بود که اثر کاربست آن بر نمره‌های پیشرفت تحصیلی شیمی، بررسی شد. پژوهش در قالب ۲ گروه آزمایشی (در دو کلاس جداگانه پسرانه و دخترانه) و ۲ گروه کنترل (در دو کلاس جداگانه پسرانه و دخترانه) اجرا شد. در گروه آزمایشی از چت‌بات تدریس درس شیمی، استفاده شد و در گروه کنترل، کلاس‌های درس شیمی طبق برنامه‌های مرسوم اداره شدند. کل فرایند پژوهشی در چهار مرحله به شرح زیر اجرا شد:

۱- مرحله آماده‌سازی: در این مرحله، مقدمات کاربردی آزمایشی فراهم شد. پس از مشخص شدن نمونه‌ها، هماهنگی‌های لازم انجام و متن‌های درسی مشخص شد. مدرس کلاس آزمایشی آموزش‌های لازم، در رابطه با اهداف طرح، اهمیت و چگونگی تدریس درس مبتنی بر استفاده از چت‌بات‌ها را دریافت کردند.

۲- مرحله پیش‌آزمون: در اولین جلسه‌ی اجرای آزمایش، میزان نمره پیشرفت تحصیلی فعلی در درس شیمی برای شرکت‌کنندگان در پژوهش، در همه گروه‌ها به وسیله پیش‌آزمون، سنجیده شد.

۳- مرحله اجرا: کاربست متغیر مستقل در طی ۱۲ جلسه‌ی ۹۰ دقیقه‌ای در طول ۶ هفته، انجام شد. در طی این جلسه‌ها، برای آزمودنی‌های گروه آزمایشی، مفاهیم درس شیمی با به کارگیری چت‌بات‌ها و برای گروه کنترل، با روش‌های معمول، تدریس شد.

۴- مرحله پس‌آزمون: در آخرین جلسه‌ی اجرای آزمایش، پس‌آزمون، اجرا شد.

^۱ Livingstone

روش تجزیه و تحلیل و داده‌ها: در این پژوهش، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در بخش آمار توصیفی از آماره‌های میانگین، فراوانی، درصد فراوانی و انحراف استاندارد استفاده شد و در قسمت آمار استنباطی برای تحلیل سوالات، با توجه به لزوم حذف اثر پیش‌آزمون از پس‌آزمون، از آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره (UNIANCOVA) استفاده شد.

در این پژوهش، ملاحظات اخلاقی رعایت گردید و اقدامات زیر انجام شد: ۱) قبل از شروع پژوهش، از دانش‌آموزان رضایت آگاهانه برای شرکت در تحقیق اخذ شد. فرم رضایت‌نامه شامل توضیحاتی در مورد اهداف پژوهش، نحوه جمع‌آوری داده‌ها و تضمین محرمانگی اطلاعات بود. شرکت در پژوهش کاملاً اختیاری بود و دانش‌آموزان در هر زمان می‌توانستند از شرکت در پژوهش انصراف دهند. ۲) تمام اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت محرمانه نگهداری شد و تنها برای اهداف پژوهشی استفاده شدند. هویت دانش‌آموزان در گزارش‌های پژوهشی محفوظ ماند و به هیچ وجه نامی از آن‌ها ذکر نخواهد شد. ۳) در طول انجام پژوهش، عدالت و انصاف در رفتار با دانش‌آموزان هر دو گروه رعایت شد. دسترسی به منابع و فرصت‌های یادگیری برای همه دانش‌آموزان یکسان بود. ۴) در گزارش نتایج پژوهش، تمام مراحل پژوهش به صورت شفاف و دقیق شرح داده شد تا امکان بررسی و ارزیابی پژوهش برای سایر محققان فراهم شود.

یافته‌ها

برای تحلیل داده‌های این پژوهش، از تحلیل واریانس تک‌متغیره^۱ استفاده شد. برای این کار، ابتدا از رعایت پیش‌فرض‌های نرمال بودن، عدم وجود داده‌های پرت، عدم وجود چندم‌خطی بین متغیرهای وابسته و یکسانی ماتریس واریانس-کوواریانس بین متغیرهای وابسته، اطمینان حاصل شد. در این آزمون، نمره‌ی شرکت‌کنندگان در مرحله‌ی پیش‌آزمون پیشرفت تحصیلی شیمی، به عنوان متغیر کووریت و نمره‌ی شرکت‌کنندگان در مرحله‌ی پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی شیمی، به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند.

جدول ۱- شاخص‌های گرایش مرکزی برای متغیر پیشرفت تحصیلی شیمی بر اساس گروه و جنسیت آزمودنی‌ها

متغیرها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			میانگین	خطای میانگین	معیار	فراوانی آزمودنی‌ها	میانگین	خطای معیار میانگین
		فراوانی	میانگین	خطای میانگین						
پیشرفت تحصیلی	۴۴	۱۱/۰۱	۲/۴۴	۴۴	۱۱/۲۵	۲/۱۵	کنترل			
شیمی	۴۳	۱۲/۳۸	۱/۸۱	۴۳	۱۴/۷۸	۲/۱۳	آزمایش			
	۴۴	۱۱/۷۵	۲/۲۰	۴۴	۱۳/۱۵	۲/۷۴	دختر			
	۴۳	۱۱/۶۱	۱/۹۹	۴۳	۱۲/۸۴	۲/۸۳	پسر			
	۸۷	۱۱/۶۸	۲/۰۹	۸۷	۱۲/۹۹	۲/۷۷	کل			

^۱ UNIANCOVA

جدول ۱، شاخص‌های گرایش مرکزی برای متغیر پیشرفت تحصیلی شیمی آن بر اساس گروه و جنسیت آزمودنی‌ها نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، میانگین پیشرفت تحصیلی شیمی بین گروه آزمایش و کنترل، متفاوت می‌باشد. برای بررسی معناداری آماری این تفاوت، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره استفاده شد.

جدول ۲- نتایج آزمون لون جهت بررسی همگنی واریانس خطاهای متغیرهای پژوهش

متغیرها	تعداد	آماره	سطح معنی‌داری
پیشرفت تحصیلی شیمی	۸۷	۱/۹۷	۰/۰۸۱

جدول ۲، نتایج آزمون لون جهت بررسی همگنی واریانس خطاهای متغیر پیشرفت تحصیلی شیمی را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، مقدار آماره‌ی آزمون لون برای متغیر پیشرفت تحصیلی شیمی، از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار نمی‌باشد ($P > ۰/۰۱$)، لذا می‌توان نتیجه گرفت که فرض همگنی واریانس خطاهای متغیرهای حاضر در پژوهش، رعایت شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره جهت بررسی تاثیر استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی بر پیشرفت تحصیلی شیمی

متغیرها	منابع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	مقدار آماره‌ی F	سطح معنی - اندازه اثر
پیشرفت تحصیلی	گروه آزمایش و کنترل	۱۳۰/۸۷	۱	۴۵/۷۱	۰/۳۵۸
شیمی	جنسیت	۰/۰۸	۱	۰/۰۳	۰/۰۰۱
	جنسیت*گروه	۰/۰۸	۱	۰/۰۳	۰/۰۰۱

جدول ۳، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره را جهت بررسی تاثیر استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی بر پیشرفت تحصیلی شیمی دانش‌آموزان نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، مقدار آماره‌ی F برای بررسی تفاوت نمره پیشرفت تحصیلی شیمی بین گروه آزمایش و کنترل، برابر با ۴۵/۷۱ بوده و از لحاظ آماری، معنادار است ($P < ۰/۰۱$). یعنی میانگین نمره پیشرفت تحصیلی شیمی در گروه آزمایش پس از استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی، بیش‌تر از گروه کنترل شده است. همچنین، مقدار آماره‌ی F برای بررسی تفاوت میانگین نمره پیشرفت تحصیلی شیمی بین دختران و پسران، برابر با ۰/۰۸ بوده و از لحاظ آماری، معنادار نیست ($P > ۰/۰۱$). بنابراین، بین دختران و پسران، از لحاظ میانگین نمره پیشرفت تحصیلی شیمی، تفاوت وجود ندارد. همچنین مقدار برای بررسی تعامل آماره‌ی F بین گروه (میانگین نمره پیشرفت تحصیلی شیمی) و جنسیت، یعنی تاثیر هم‌زمان این دو متغیر مستقل بر میانگین نمره پیشرفت تحصیلی شیمی برابر با ۰/۰۸ بوده و به لحاظ آماری معنادار نیست ($P > ۰/۰۱$). به عبارتی میانگین نمره پیشرفت تحصیلی شیمی دانش‌آموزان دختر در هر دو گروه آزمایش و کنترل، و نمره پیشرفت تحصیلی شیمی دانش‌آموزان پسر در هر دو گروه آزمایش و کنترل، برابر است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در درس شیمی پرداخته است. نتایج نشان داد که استفاده از این ابزارها تأثیر مثبت و معناداری بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دارد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های پیشین در حوزه فناوری‌های آموزشی که به تأثیر مثبت چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی در یادگیری اشاره دارند، همسو است. برای مثال مطالعه سوگیارسو و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان تأثیر هوش مصنوعی در بهبود پیشرفت یادگیری دانش‌آموزان دبیرستانی نشان دادند که هوش مصنوعی می‌تواند به معلمان در ایجاد دانش‌آموزانی که در یادگیری برتری دارند، به ویژه در سطح دبیرستان، کمک کند و دانش‌آموزان نیز می‌توانند پیشرفت تحصیلی خود را در فرآیند یادگیری بهبود بخشند. همچنین عزم‌توا و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان تأثیر استفاده از هوش مصنوعی و ابزارهای یادگیری دیجیتال مبتنی بر رویکرد یادگیری پروژه‌محور در آموزش زبان‌های خارجی بر موفقیت و انگیزه دانش‌آموزان به این نتیجه رسیدند که استفاده از ابزارهای دیجیتال و هوش مصنوعی نه تنها به پیشرفت تحصیلی و انگیزه دانش‌آموزان کمک می‌کند، بلکه موجب تثبیت آموخته‌ها نیز می‌شود. فن و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان ادغام هوش مصنوعی و تحلیل یادگیری برای بهبود یادگیری دانشجویان در دوره مهندسی آنلاین به ادغام هوش مصنوعی با رویکردهای تحلیل یادگیری پرداختند. هدف اصلی این پژوهش، بهبود اثرات یادگیری دانشجویان در یک زمینه یادگیری مشارکتی بود. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از رویکرد یک‌پارچه مدل‌های هوش مصنوعی و بازخورد تحلیل یادگیری می‌تواند به طور چشمگیری در بهبود فرآیند یادگیری موثر باشد.

یان و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با عنوان "نویدها و چالش‌های هوش مصنوعی برای یادگیری انسانی" به بررسی استفاده از هوش مصنوعی به عنوان ابزاری برای یادگیری انسان پرداخته‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند پتانسیل زیادی برای ارتقای یادگیری داشته باشد، اما لازم است که به چالش‌های آن نیز توجه شود.

این هم‌سویی نشان می‌دهد که پژوهش حاضر در راستای پژوهش‌های پیشین در زمینه هوش مصنوعی در آموزش حرکت کرده و یافته‌های آن نه تنها با مطالعات قبلی سازگاری دارد، بلکه بر اهمیت و ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین در فرآیند یاددهی و یادگیری تأکید می‌ورزد. با این حال، این مطالعه با تأکید بر استفاده از چت‌بات‌ها به عنوان ابزارهای تعاملی و بازخورددهنده شخصی‌سازی شده، جنبه‌های جدیدی از کاربرد این فناوری در آموزش شیمی را نشان می‌دهد. در حالی که بسیاری از پژوهش‌های پیشین بر تأثیر کلی فناوری‌های آموزشی تمرکز داشته‌اند، این پژوهش به بررسی خاص نقش چت‌بات‌ها در تسهیل یادگیری دانش‌آموزان می‌پردازد.

در تبیین نظری، این پژوهش بر مبنای نظریه‌های شناختی، یادگیری ساخت‌گرا و خودتنظیمی یادگیری استوار است. نظریه‌های شناختی بر اهمیت پردازش فعال اطلاعات توسط فراگیران تأکید دارند (استسون-تیلیگاداس، ۲۰۱۸). چت‌بات‌ها با ارائه بازخورد فوری و تعاملی، می‌توانند به دانش‌آموزان کمک کنند تا مفاهیم دشوار را به طور فعال پردازش کنند و درک عمیق‌تری از آن‌ها پیدا کنند. نظریه یادگیری ساخت‌گرا که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت، بر این اصل استوار است که یادگیری فرآیندی فعال و سازنده است که در تعامل با محیط و سایر افراد شکل می‌گیرد (انگراینی و همکاران، ۲۰۲۴). چت‌بات‌ها با فراهم کردن محیطی تعاملی و تشویق دانش‌آموزان به مشارکت فعال در فرآیند یادگیری، این اصل را محقق می‌کنند. همچنین، نظریه خودتنظیمی یادگیری بر توانایی فراگیران

در مدیریت و کنترل فرآیند یادگیری خود تأکید دارد (سیلوا و همکاران، ۲۰۲۳). چت‌بات‌ها با ارائه بازخورد شخصی‌سازی شده و ابزارهایی برای پیگیری پیشرفت یادگیری، به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا در این زمینه مهارت بیشتری کسب کنند. انتخاب این نظریه‌ها به این دلیل بود که آنها چارچوب مناسبی برای تبیین نقش فعال دانش‌آموز در فرآیند یادگیری و تاثیر فناوری بر آن فراهم می‌کنند.

به طور خاص، چت‌بات‌ها می‌توانند در آموزش شیمی به دانش‌آموزان کمک کنند تا مفاهیم دشوار را به شکل ساده‌تری درک کنند، بازخورد فوری و شخصی‌سازی شده دریافت کنند، به سؤالات خود پاسخ دهند و در فرآیند یادگیری فعالانه شرکت کنند. به عنوان مثال، یک چت‌بات می‌تواند به دانش‌آموزان در درک مفاهیم استوکیومتری یا سینتیک شیمیایی کمک کند، تمرین‌های تعاملی ارائه دهد و اشتباه‌های آنها را به صورت دقیق و با بازخورد مناسب اصلاح کند. این نوع تعامل می‌تواند منجر به افزایش انگیزه و درک عمیق‌تر مفاهیم شود. این رویکرد بر خلاف روش‌های سنتی آموزش شیمی است که معمولاً بر سخنرانی‌های یک‌طرفه و آزمون‌های کتبی متمرکز هستند و فرصت کمی برای تعامل فعال و بازخورد فردی فراهم می‌کنند.

با این حال، این پژوهش با محدودیت‌هایی نیز روبرو بود که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. اولاً، این پژوهش تنها در یک پایه و مقطع تحصیلی خاص انجام شده است و نتایج آن ممکن است به سایر مقاطع تحصیلی قابل تعمیم نباشد. برای مثال، ممکن است نحوه تعامل و تاثیر چت‌بات‌ها بر دانش‌آموزان مقطع ابتدایی یا دانشگاه متفاوت باشد. ثانياً، انتخاب گروه‌های شرکت‌کننده به صورت تصادفی نبوده است و این امر ممکن است باعث ایجاد سوگیری در نتایج شود. به عنوان مثال، اگر دانش‌آموزان در گروه آزمایش دارای انگیزه بیشتری نسبت به گروه کنترل بوده‌اند، این عامل می‌تواند بر نتایج تاثیر بگذارد. ثالثاً، این پژوهش تنها تاثیر کوتاه‌مدت استفاده از چت‌بات‌ها را بررسی کرده است و نیاز است تا تاثیر بلندمدت این ابزارها در مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرد. این محدودیت‌ها نشان می‌دهد که نتایج این پژوهش نباید به صورت قطعی و بدون در نظر گرفتن شرایط خاص تفسیر شوند و همچنین بر نیاز به مطالعات بیشتر در این زمینه تأکید می‌شود.

با توجه به یافته‌ها و محدودیت‌های پژوهش، پیشنهادهای زیر برای استفاده بهینه از چت‌بات‌ها و هوش مصنوعی در آموزش شیمی ارائه می‌شود:

پیشنهاد می‌شود، چت‌بات‌ها باید به عنوان ابزارهای تکمیلی در تدریس شیمی مورد استفاده قرار گیرند و نباید جایگزین معلمان شوند. معلمان همچنان نقش مهمی در راهنمایی و پشتیبانی از دانش‌آموزان دارند و چت‌بات‌ها می‌توانند به آنها در انجام این وظایف کمک کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود چت‌بات‌ها به گونه‌ای طراحی شوند که تعاملی، جذاب و متناسب با نیازهای دانش‌آموزان باشند. این امر می‌تواند شامل استفاده از عناصر بازی‌سازی، ارائه بازخورد تصویری و صوتی و طراحی شخصیت‌های جذاب باشد.

پیشنهاد می‌شود، معلمان، آموزش‌های لازم را برای استفاده صحیح و مؤثر از چت‌بات‌ها در تدریس دریافت کنند. این آموزش‌ها باید شامل نحوه ادغام چت‌بات‌ها در برنامه درسی، نحوه ارائه بازخورد به دانش‌آموزان و نحوه استفاده از داده‌های حاصل از چت‌بات‌ها برای بهبود فرآیند تدریس باشد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به صورت برابر در نگارش این مقاله مشارکت داشته اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله، مراتب قدردانی خود را از کلیه شرکت کنندگان و همکارانی که با ارائه نظرات ارزشمند و راهنمایی‌های دلسوزانه، در غنای این پژوهش

سهیم بودند، ابراز می‌نمایند.

References

- Ahmadabadi, Z., & Masroumia, M. (2024). Application and comparison of Bard and ChatGPT in inorganic chemistry education. *Research in Chemistry Education*, 6(2), 48-67. [Link]
- Ahmadi, Y., Zouri Shoja, M. M., & Zeidi, M. (2024). Multi-level mobile game software for supporting organic chemistry education. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 103-116. [Link]
- Angraini, L. M., Kania, N., & Gürbüz, F. (2024). Students' Proficiency in Computational Thinking Through Constructivist Learning Theory. *International Journal of Mathematics and Mathematics Education*. [Link]
- Aquino, K. C., & BuShell, S. (2020). Device Usage and Accessible Technology Needs for Post-Traditional Students in the e-Learning Environment. *The Journal of Continuing Higher Education*, 68, 101-116. [Link]
- Azamatova, A., Bekeyeva, N., Zhaxylikova, K., Sarbassova, A., & Ilyassova, N. (2023). The Effect of Using Artificial Intelligence and Digital Learning Tools based on Project-Based Learning Approach in Foreign Language Teaching on Students' Success and Motivation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*. [Link]
- Bahrami Madah, A. M., & Sa'adati, M. (2024). Introducing artificial intelligence and creating personalized learning in chemistry through it. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 83-102. [Link]
- Fan, O., Wu, M., Zheng, L., Zhang, L., & Jiao, P. (2023). Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20. [Link]
- Huang, J. (2020). Successes and challenges: Online teaching and learning of chemistry in higher education in China in the time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2810-2814. [Link]
- Ibnuzaman, S. N., Mohd Khalid, S. S., Subramani, T., Nazar, S. A., Baharudin, A. A., & Razak, S. A. (2024). Differentiated Instruction in Chemistry Education. *Sains Humanika*. [Link]
- Iyamuremye, A., Niyonzima, F. N., Mukiza, J., Twagilimana, I., Nyirahabimana, P., Nsengimana, T., Habiyaemye, J. D., Habimana, O., & Nsabayezu, E. (2024). Utilization of artificial intelligence and machine learning in chemistry education: a critical review. *Discover Education*. [Link]
- Kosasi, S., Lukita, C., Chakim, M. H. R., Faturahman, A., & Kusumawardhani, D. A. R. (2023). The influence of digital artificial intelligence technology on quality of life with a global perspective. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 5(3), 240-250. [Link]
- Liu, T., & Li, W. (2024). Applications and Challenges of Artificial Intelligence in Life Sciences. SHS Web of Conferences, [Link]
- Luo, M., Yang, W., Bai, L., Zhang, L., Huang, J. W., Cao, Y., & Huang, T. (2024). Artificial intelligence for life sciences: A comprehensive guide and future trends. *The Innovation Life*, 2(4), 100105. [Link]
- Ma, S., & Lei, L. (2024). The factors influencing teacher education students' willingness to adopt artificial intelligence technology for information-based teaching. *Asia Pacific Journal of Education*, 44, 94-111. [Link]
- Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 229-245. [Link]
- Oda Abunamous, M., Boudouaia, A., Jebri, M., Diafi, S., & Zreik, M. (2022). The decay of traditional education: A case study under covid-19. *Cogent Education*, 9(1), 2082116. [Link]
- Safitri, R. D., Afifi, E. H., & Shaharani, A. (2024). Effect of Reading, Questioning, and Answering (RQA) Learning Model on Students' Critical Thinking Ability in Science Material at SD Negeri 15 Sorong City. *Journal of Asian Primary Education (JoAPE)*. [Link]
- Saleh al-Din, A. M., & Sotoudeh Qara Bagh, R. (2024). The role of digital technologies in enhancing chemical engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(103), 67-92. [Link]
- Silva, L., Mendes, A. J., Gomes, A. J., & Fortes, G. (2023). What Learning Strategies are Used by Programming Students? A Qualitative Study Grounded on the Self-regulation of Learning Theory. *ACM Transactions on Computing Education*, 24, 1-26. [Link]
- Stetson-Tiligadas, S. (2018). *Designing for Active Learning: A Problem-Centered Approach*.

- Sugiarso, B. A., Nurjain, A., Judijanto, L., Firdausiyah, L., & Hidayat, A. A. (2024). The Effect of Artificial Intelligence in Improving Student Learning Achievement in High School. *World Psychology*, 3(1), 569. [[Link](#)]
- Susyanah, S., & Fajar, A. (2024). The Artificial Intelligence, Social Sciences Learning Innovation Catalyst. International Conference on Applied Social Sciences in Education, [[Link](#)]
- Yan, L., Greiff, S., Teuber, Z., & Gašević, D. (2024). Promises and challenges of generative artificial intelligence for human learning. *Nature human behaviour*, 8(10), 1839-1850. [[Link](#)]