Design and Validation of a Tool for Measuring the students' awareness of the impact of artificial intelligence on chemistry education through Research Synthesis

Mohammad azimi*[1], Morteza Golshani gehraz[2], vahid amani[3]

Abstract

Introduction: Artificial intelligence, as an emerging technology, has been very effective at the level of education and learning, so that chemistry education is also affected by it.

Objective :The present study aimed to develop and validate a tool to measure students' awareness of the use of artificial intelligence in chemistry education. This research employed a mixed-methods approach (quantitative-qualitative). The qualitative population consisted of relevant research studies conducted between 2010 and 2024, from which 16 studies were purposefully selected. The quantitative phase involved chemistry education students who entered Farhangian University in 2021 from across the country, with 129 students selected through sampling to complete the questionnaire.

Findings: The qualitative data highlighted various applications of AI in chemistry education, such as Conceptual application, independent and active learning, cognitive analysis, increasing conceptual understanding, educational support, data analysis and self-learning, and educational creativity and interaction. Quantitative findings confirmed the content validity of the questionnaire through expert review, and its convergent and discriminant validity was verified using Smart PLS. Reliability was established via Cronbach's alpha (0.926) and composite reliability (0.933). The path coefficient between artificial intelligence applications in chemistry education and the components of conceptual application with a value of (0.812), independent and active learning (0.718), cognitive analysis (0.763), strengthening conceptual understanding (0.704), educational support (0.745), data analysis and self-learning (0.666), and creativity and educational interaction (0.591) was obtained at a significant level. Additionally, the overall model fit index (GOF = 0.591) indicated a good model fit.

Results: Therefore, the results suggest that the developed tool is appropriate and effective for measuring the extent of AI usage in chemistry education and can be used for further research and educational development.

Keywords: Validation, Artificial Intelligence, Chemistry Education, Research Synthesis

1. Department of Educational Sciences, Farhangian University, PO Box 889-14665, Tehran, Iran. (Corresponding author) mohammad_azimi@cfu.ac.ir

2. Master of Educational Psychology, Allameh Amini University of Education, Tabriz, Iran, morteza.golshani.g@gmail.com

3. Associate Professor, Department of Chemistry, Farhangian University, P.O. Box 889-14665, Tehran, Iran. v.amani@cfu.ac.ir

پژوهشی

https://doi.org/10.22034/popsci.2025.525895.1417

طراحی و اعتبارسنجی ابزاری برای سنجش آگاهی دانشجویان از تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش شیمی به روش سنتزپژوهی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴

محمد عظیمی[1*]، مرتضی گلشنی گهراز[2]، وحید امانی[3]

چکیده

مقدمه: هوش مصنوعی به‌عنوان فناوری نوظهور در سطح آموزش و یادگیری بسیار مؤثر بوده به‌طوری‌که آموزش شیمی نیز متاثر از آن است.

هدف: پژوهش حاضر با هدف ساخت و اعتباریابی ابزاری برای سنجش آگاهی دانشجویان از میزان کابرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی بود.

روش: روش پژوهش حاضر روش آمیخته (کمّی-کیفی) بود؛ جامعه آماری بخش کیفی، اسناد مشابه با پژوهش حاضر از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ بود که حدود ۱۶پژوهش به صورت هدفمند انتخاب گردید. در بخش کمّی نیز دانشجویان دبیری شیمی ورودی سال ۱۴۰۰ دانشگاه فرهنگیان سراسر کشور بود. به‌طوری‌که ۱۲۹ نفر از آنان به روش نمونه‌گیری سهمیه‌ای برای تکمیل پرسشنامه انتخاب شدند.

یافته‌ها: داده‌های کیفی بیانگر کاربردهای هوش مصنوعی نظیر کاربرد مفهومی، یادگیری مستقل و فعال، تحلیل شناختی، افزایش درک مفهومی، پشتیبانی آموزشی، تحلیل داده‌ها و خودآموزی و خلاقیت و تعامل آموزشی بر آموزش شیمی بود. داده‌های کمّی نیز حکایت از تأیید روایی محتوای پرسشنامه توسط اساتید و نیز روایی واگرا و همگرای آن توسط اسمارت پی ال اس و پایایی آن با استفاده از آلفای کرونباخ با مقدار ۰/۹۲۶ و پایایی ترکیبی ۰/۹۳۳ بود. ضریب مسیر بین کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش شیمی و مؤلفه‌های کاربرد مفهومی با مقدار (۰/۸۱۲) یادگیری مستقل و فعال (۰/۷۱۸)، تحلیل شناختی (۰/۷۶۳)، تقویت درک مفهومی (۰/۷۰۴)، پشتیبانی آموزشی (۰/۷۴۵)، تحلیل داده‌ها و خودآموزی (۰/۶۶۶) و خلاقیت و تعامل آموزشی (۰/۵۹۱) در سطح معنی‌داری به‌دست آمد. همچنین با عنایت به مقدار شاخص(GOF=۰/۵۹۱)در بررسی برازش کلی، مدل اندازه‌گیری از کیفیت مناسبی برخوردار بود.

نتایج: نتایج، بیانگر مطلوب بودن ابزار طراحی شده جهت سنجش میزان آگاهی دانشجویان از کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی بود که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: اعتبارسنجی، هوش مصنوعی، آموزش شیمی، سنتزپژوهی.

۱. گروه آموزش علوم تربیتی،دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

mohammad_azimi@cfu.ac.ir

۲. کارشناسی ارشد روانشناسی تربیتی، دانشگاه فرهنگیان علامه امینی، تبریز، ایران.

morteza.golshani.g@gmail.com

۳. دانشیار گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، ایران.

v.amani@cfu.ac.ir

مقدمه

اوخر قرن بیستم و دو دهه گذشته قرن بیست و یکم با دگرگونی‌ها و تغییرهای بسیاری همراه بوده است؛ یکی از بزرگ‌ترین این تغییرات که خود، سرمنشأ بسیاری از تغییرات و تحولات بوده، فناوری اطلاعات و ارتباطات و جهان‌شمول شدن شبکه جهانی اطلاعات است که موجب تسریع و حتی ارتقای کیفیت ارائه خدمات در بسیاری از عرصه‌های زندگی بشر شده است (پاندایا و گر[1]، ۲۰۱۱). به‌طوری‌که فناوری ارتباطات با پیشرفت خود در عرصه‌های مختلف موجب ایجاد تغییرات بسیاری شده که نظام آموزشی ازجمله آن است. بنابراین در طی این تغییرات، مراکز آموزشی با پدیده‌ای به‌عنوان فناوری آموزشی[2] رو به رو شده که این پدیده آموزش را از حالت سنتی خارج نموده و رنگ و بوی خاصی به آن بخشیده است (ورکیول و هیوجیز[3]، ۲۰۱۹) و با دگرگون ساختن آن به حالت جدیدی از آموزش، موجب انقلاب گسترده در دنیای آموزش شده و به تنوع شیوه‌های ارائه آموزش کمک کرده است؛ چراکه فناوری به‌عنوان عاملی کلیدی در توانمندسازی آموزش برای تغییرات و ارتقا و پیشرفت آن است (وانگ و همکاران[4]، ۲۰۲۴). بر این اساس شاید بتوان گفت که این پدیده قابلیت‌های بسیاری را به همراه خود دارد. چراکه در ورطه‌ای نیز به‌عنوان کاتالیزور عمل کرده و برای نوآوری در آموزش ظاهر گشته است (کالیانی[5]، ۲۰۲۴). از این سو می‌توان گفت که با ظهور و بروز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تغییرات چشم‌گیری در عرصه آموزش رخ داده است. بنابراین باید گفت که فناوری در سالیان اخیر به سرعت تکامل یافته و تأثیرگذار بوده و در بسیاری از زمینه‌ها ازجمله آموزش و پرورش اثرگذار بوده است (الیر و همکاران[6]، ۲۰۲۴). در این میان نیز هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوظهور در سالیان اخیر، چشمگیر بوده و به‌عنوان یک پارادایم اجتماع ظاهر گشته و به‌طور فزاینده‌ای تقریباً بر تمام حوزه‌های زندگی انسان تأثیر گذاشته است (ساموئل و همکاران[7]، ۲۰۲۴). چراکه شاید بتوان گفت که هوش مصنوعی به دنبال خود تنوعات گوناگونی را برای آموزش به همراه داشته است. به‌طوری‌که ادغام آن در شیوه‌های آموزشی در سراسر جهان، توجه چشمگیری را به خویش جلب کرده و نوید انقلابی در جنبه‌های مختلف آموزش قلمداد شده به‌طوری‌که از

1. .Pandya & Gor
2.educational technolog
3. erkuyl & Hughes
4. Wang Et al
5. Kalyani
6. Alier Et al
7. Samuel Et al

تجربیات شخصی گرفته تا امور اداری کارآمد را شامل می‌گردد (اوبیدونا[1]، ۲۰۲۴). براساس این ادعا نیز می‌توان بیان داشت که هوش مصنوعی شاید توانسته است که در عرصه‌های مختلف و به خصوص آموزش، کارایی بسیاری برای کاربران به همراه داشته باشد. این به گونه‌ای است که فناوری حاضر به‌طور تصاعدی راه خود را به فرایندهای آموزشی بازکرده و در حال حاضر ابزارها و دستگاه‌ها و وسایل‌هایی را در شهرها و دانشگاه‌های سراسر جهان برای بشر تقویت کرده است (گالیندو-دومینگز و همکاران[2]، ۲۰۲۴). بنابراین باید گفت هوش مصنوعی به‌عنوان فناوری نوظهور بر تمام ابعاد زندگی بشری سیطره پیدا نموده و این امر در بحث آموزش بسیار پررنگ بوده و قابل ملاحظه است. از این سو نیز باید گفت با عنایت به قابلیت‌هایی که هوش مصنوعی به دنبال خود دارد، می‌تواند دارای مزایا و فرصت‌های بسیاری در عرصه آموزش باشد و بر همین اساس نیز بررسی ابداعات و تحولات و فرصت‌ها و تغییراتی که در عرصه آموزش به دنبال داشته، حائز اهمیت است.

هوش مصنوعی به یک فناوری بسیار پررونق مبدل شده به‌طوری‌که تغییرات بسیار متعددی را در فرایند آموزشی به ارمغان آورده است؛ به‌گونه‌ای که امروزه این مقوله متحول‌کننده روش‌های سنتی تدریس و یادگیری به‌حساب می‌آید. به‌نحوی‌که ابزارها و الگوریتم‌های تطبیقی آن تجربیات شخصی‌سازی‌شده‌تری را ارائه داده و کارایی آموزشی را ارتقا می‌بخشد. به‌طوری‌که می‌توان گفت هوش مصنوعی به‌طور بالقوه در سطح آموزش کارایی بسیاری داشته و ازجمله مزایای آن را می‌توان تسهیل تعاملی محیط‌های یادگیری (ایواناشکو و همکاران[3]، ۲۰۲۴)، یادگیری شخصی و ارزیابی خودکار، تقویت همکاری معلم و دانش‌آموز، ایجاد محیط یادگیری انعطاف‌پذیر (کمالوف و همکاران[4]، ۲۰۲۳)، کمک به یادگیری تطبیقی، ارتقا تجربه یادگیری سفارشی‌شده (گلیگوریا و همکاران[5]، ۲۰۲۳)، کمک بلادرنگ به نظام آموزشی (لین و همکاران[6]، ۲۰۲۳)، تسهیل امور کلاسی از جنبه‌های حضور و غیاب، ارائه محتوای تطبیقی، تعامل فعال یادگیرندگان با مطالب (دمورت-لایوت و همکاران[7]، ۲۰۲۳)، تصمیم‌گیری‌های آموزشی مبتنی بر داده، ارتقای استراتژی‌های آموزشی، بهینه‌سازی منابع آموزشی (آژیر و همکاران[8]، ۲۰۲۱)، ایجاد مسیرهای یادگیری شخصی،

1.Obidovna
2. Galindo-Domínguez Et al
3. Ivanashko Et al
4. Kamalov Et al
5.Gligorea Et al
6. Lin Et al
7. De-Moreta-Llovet & Gonzalez-Rodriguez
8. Azhir Et al

ارائه بازخورد فردی و غیره می‌باشد (فیرات[1]، ۲۰۲۳؛ جورج و وودن[2]، ۲۰۲۳). بنابراین باید اشاره داشت که امر هوش مصنوعی در بحث آموزش پراهمیت بوده و استفاده از آن در امر آموزش ثمرات بسزایی را در پی خود داشته و این مهم نیز بشر را بر آن واداشته است که از فناوری حاضر در آموزش بهره گیرد. بر این بنیاد و با عنایت بر اهمیتی که این قابلیت به همراه خود دارد توانسته است نظر بسیاری از محققان را به خود جلب نماید که در این راستا تحقیقات متعددی به ثمر رسیده که قابل بررسی است.

باید اشاره داشت با توجه به اهمیت امر حاضر در سطح آموزش، محققان بسیاری به موضوع حاضر در این حیطه پرداختند که در قسمت حاضر سعی بر آن است تا به پاره‌ای از تحقیقات در این راستا پرداخته شود. نجا و همکاران[3] (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان «ابزارهای هوش مصنوعی یادگیری شخصی و سیستم آموزشی هوشمند به‌عنوان همبستگی انگیزه دانش‌آموزان در شیمی» بیان داشتند که هر دو یادگیری شخصی و سیستم تدریس خصوصی هوشمند با انگیزه دانش‌آموزان رابطه معنی‌داری دارد. بنابراین امر فناوری مطابق با تحقیقات صورت گرفته قابلیت تأثیرگذاری بر انگیزه دانش‌آموزان را دارد. همچنین در این راستا علاوه بر تأثیرگذاری فناوری بر انگیزه یادگیرندگان، به نظر می‌رسد که این قابلیت می‌تواند بر بهبود فضای آموزش و ارائه آن تأثیرگذار باشد. در این راستا المصری[4] (۲۰۲۴) طی پژوهشی بیان داشته که ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی برای دستیابی به مزایای آموزشی مختلف، ازجمله بهبود محیط یادگیری، ایجاد آزمون‌ها، ارزیابی کار دانش‌آموزان و پیش‌بینی عملکرد تحصیلی آن‌ها، در آموزش علوم ادغام می‌شوند. در این راستا هوش مصنوعی قادر است با ایجاد سازوکارهای تحولی در محیط آموزش به معلمان در راستای تأثیرگذاری بیشتر آموزش، کمک‌کننده باشد و به آنان در ارزیابی یادگیرندگان کمک نماید. البته باید توجه داشت که هوش مصنوعی به‌عنوان پدیده‌ای نوظهور بوده و شاید بسیاری از افراد از نحوه مطلوب استفاده از آن آگاه نباشند و این مشکلاتی به همراه داشته باشد؛ به‌طوری‌که مندز[5](۲۰۲۴) در پژوهشی بیان داشته است که بین تصویر رسانه‌ای کلی از هوش مصنوعی در دانشگاه و نحوه استفاده دانشجویان واقعی از آن گسست وجود دارد و فقط تعداد کمی قبل از این فعالیت از هوش مصنوعی استفاده کرده‌اند. وی بیان می‌دارد این مطالعه نیاز به آموزش در مورد استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی را برای رسیدگی به نگرانی‌های اخلاقی مداوم در مورد سوء استفاده از این سیستم‌ها و پیشی‌گرفتن از مسائل آینده را

1.Firat

2. George & Wooden

3.Nja Et al

4.Almasri

5.Mendez

برجسته می‌کند. بنابراین باید توجه داشت که با عنایت به نوظهور بودن هوش مصنوعی در عرصه آموزش و عدم آگاهی بسیاری از افراد از نحوه صحیح استفاده از آن، نیاز است در جهت جلوگیری از بسیاری از مشکلاتی که می‌تواند به همراه داشته باشد به امر آگاه‌سازی و آموزش آن به مربیان و یادگیرندگان اهتمام ورزید. بنابراین آشنایی با نحوه صحیح استفاده از این فناوری علاوه بر جلوگیری از بسیاری از مشکلات، می‌تواند قابلیت‌هایی نظیر تفکر انتقادی را برای کاربران به همراه داشته باشد؛ چراکه راف و همکاران[1] (۲۰۲۴) در پژوهشی با بیان داشتند که علیرغم کمبودهای ChatGPT در تولید روش‌های قابل استفاده، شواهدی پیدا کردیم که نشان می‌دهد این فناوری تمرین‌های ارزشمندی برای کمک به دانش‌آموزان برای تفکر انتقادی در مورد رویه‌ها و خروجی‌های هوش مصنوعی هستند. بنابراین ازجمله یافته‌ها در راستای این فناوری حکایت از تقویت تفکر انتقادی دارد. البته هوش مصنوعی، قابلیت درخوری در ابداع شیوه‌های تدریس دارد که پژوهش‌های مختلف در این راستا بیانگر آن است که این امر در بسیاری از دروس این ابداع را به همراه داشته که شیمی و فیزیک نیز ازجمله آن است. به‌طوری‌که زودونو و همکاران[2] (۲۰۲۴) در پژوهشی تحت عنوان «بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر پیشرفت دانش‌آموزان شیمی و فیزیک و تغییر مفهومی تغییر حرارت در SSS۲ در وضعیت رودخانه‌ها» بیان داشتند که یافته‌های این مطالعه بینش‌های ارزشمندی را در مورد مزایای بالقوه ادغام هوش مصنوعی در آموزش علوم، به ویژه شیمی و فیزیک ارائه می‌دهد. ادغام هوش مصنوعی در آموزش علوم، پتانسیل تغییر روش‌های تدریس سنتی، ارائه تجربیات یادگیری شخصی و جذاب را دارد که باعث پیشرفت، تغییر مفهومی و ادراک مثبت از موضوعات می‌شود. داهر و همکاران[3] (۲۰۲۳) بیان داشتند که ChatGPT با مشکلات دانش مفهومی قابل‌توجهی در دسته‌های مختلف، با تأکید قابل‌توجه بر بازنمایی و عمق مواجه می‌شود، جایی که مشکلات در بازنمایی‌ها مانع انتقال دانش مؤثر می‌شود. بنابراین هوش مصنوعی به‌عنوان نمود جدیدی از فناوری نظر بسیاری از محققان را به خود جلب داشته و تحقیقات مختلف، امر حاضر را از زوایای گوناگون مورد بررسی قرار دادند.

با عنایت به توضیحات فوق، استفاده از هوش مصنوعی در امر آموزش به یادگیرندگان حائز توجه و اهمیت است. از سویی پژوهش حاضر نیز سعی بر آن دارد تا به طراحی ابزاری در راستای سنجش آگاهی دانشجویان از تأثیر و کاربرد هوش مصنوعی در امر آموزش شیمی بپردازد. براساس پژوهش‌های صورت گرفته، مطالعه‌ای در راستای تجمیع یافته‌های این پژوهش‌ها وجود ندارد تا بتوان به دید کلی در راستای کاربرد هوش مصنوعی در آموزش

1. Ruff Et al
2.Zudonu Et al
3. Daher Et al

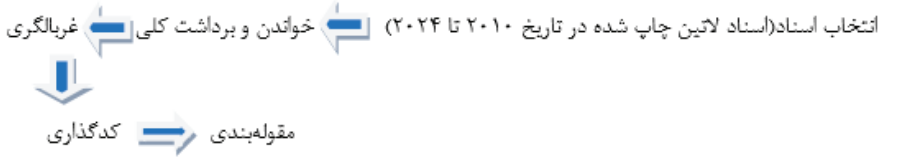
شیمی دست یافت. بنابراین با عنایت به فقدان ابزاری لازم جهت سنجش آگاهی دانشجویان از کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی، پژوهش حاضر در صدد آن است تا با طراحی و اعتبارسنجی ابزاری برای سنجش آگاهی دانشجویان از کابرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی، ابزاری لازم را جهت سنجش آگاهی آنان از کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی در اختیار قرار دهد. بر این اساس ابتدا به روش سنتزپژوهی یافته‌های پژوهش‌های مشابه تجمیع شده و سپس اعتبارسنجی شده‌اند.

روش‌شناسی

روش پژوهش حاضر آمیخته (ترکیبی) است و با تلفیق داده‌های کمّی و کیفی، دید جامع‌تری از موضوع ارائه می‌دهد. استفاده از این روش به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های روش‌های صرفاً کمّی یا کیفی صورت گرفته است (آلمیدا[1]، ۲۰۱۸). در بخش کیفی، از روش سنتزپژوهی برای تحلیل و ترکیب یافته‌های پژوهش‌های مرتبط بهره گرفته شد؛ مبتنی بر فراترکیب نظری و تحلیل محتوا (کوپر و هجز[2]، ۲۰۰۹). مبنای نظری کار، رویکرد پراگماتیسم است که بر کاربردگرایی و پاسخ‌گویی مؤثر به مسائل پیچیده تأکید دارد (کریسول و پلانو کلارک[3]، ۲۰۱۸؛ جانسون و اونووگبوزی[4]، ۲۰۰۴). در مرحله نخست، مفاهیم و مؤلفه‌های کلیدی از متون علمی استخراج و کدگذاری شدند. در مرحله دوم، براساس این مفاهیم، پرسش‌نامه‌ای طراحی و روی نمونه‌ای از دانشجویان اجرا شد تا اعتبار ابزار سنجیده شود. این ترکیب، امکان طراحی ابزاری مبتنی بر داده‌های واقعی و قابل تعمیم را فراهم کرد (تاشاکوری[5]، ۲۰۱۰؛ بییستا[6]، ۲۰۱۰). جامعه مطالعه شامل مقالات و پایان‌نامه‌های مرتبط با هوش مصنوعی در آموزش شیمی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ است. نمونه‌ها به روش گلوله‌برفی انتخاب و تا اشباع اطلاعاتی ادامه یافت. تحلیل کیفی شامل مرور اولیه متون، کدگذاری مضمون‌های مرتبط و مقوله‌بندی آن‌ها بود. در طراحی گویه‌ها از روش کدگذاری استراس و کوربین[7](۱۹۹۸) استفاده شد. از ۳۵ مقاله اولیه، ۱۶ مورد با کیفیت روش‌شناسی مناسب انتخاب و مفاهیم کلیدی آن‌ها استخراج شد. گویه‌ها با نظریه‌هایی نظیر مدل پذیرش فناوری

1. Almeida
2. Cooper & Hedges
3. Creswell & Plano Clark
4. Johnson & Onwuegbuzie
5. Tashakkori
6. Biesta
7. Strauss & Corbin

(دیویس[1]، ۱۹۸۹) و چارچوب TPACK (میشرا و کوهلر[2]، ۲۰۰۶) تطبیق داده شد و پرسش‌نامه‌ای ۳۶گویه‌ای تدوین شد. برای کاهش سوگیری، تنها مقالات داوری‌شده وارد شدند و فرآیند غربالگری با رعایت استانداردهای PRISMA انجام شد (پیج و همکاران[3]، ۲۰۲۱). دو پژوهشگر به‌طور مستقل انتخاب منابع را انجام دادند که ضریب توافق بالا نشان‌دهنده پایایی بود (مک‌هاگ[4]، ۲۰۱۲). همچنین، تحلیل‌ها توسط محققی مستقل مرور شد تا اعتبار نتایج افزایش یابد (لینکالن و کوبا[5]، ۱۹۸۵).



نمودار۱. روند کاری در پژوهش

ابتدا پژوهش‌ها و اسناد مرتبط را که می‌خواهیم از یافته‌های آن‌ها استفاده کنیم با عنایت به تاریخ انتشار و نوع پژوهش و براساس معیارهای انتخاب و تعیین راهبردهای جستجوی اسناد در پایگاه‌ها انتخاب نموده و در مرحله بعد، چکیده اسناد و نتایج آن‌ها خوانده شدند و براساس کیفیت مقالات و میزان مرتبط بودن آن‌ها غربالگری انجام شد و از حدود ۳۵ مقاله، ۱۶ مورد آن به‌عنوان نمونه پژوهش انتخاب شد که در جدول ۱ آورده شده است. در بخش کمّی پژوهش نیز برای انجام روایی صوری، پرسشنامه بین ۱۰ نفر از خبرگان (اساتید دانشگاهی، معلمان و متخصصان) توزیع و پس از جمع‌آوری نظرات آن‌ها تغییرات لازم انجام شد. همچنین برای بررسی روایی محتوای ابزار طراحی‌شده جهت سنجش آگاهی دانشجویان از تأثیر هوش مصنوعی در آموزش شیمی، از شاخص کمّی نرخ روایی محتوا (CVR) استفاده شد. به این منظور، نسخه اولیه ابزار شامل ۳۶ گویه تهیه و در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان حوزه‌های آموزش شیمی، فناوری آموزشی و هوش مصنوعی در تعلیم و تربیت قرار گرفت. هر یک از خبرگان، میزان ضروری بودن هر گویه را در سه سطح «ضروری»، «مفید ولی غیرضروری» و «غیرضروری» ارزیابی کردند. مقدار CVR برای هر گویه با استفاده از فرمول لاوشه به صورت زیر محاسبه شد:

1. Davis
2. Mishra & Koehler
3. Page et al.
4. McHugh
5. Lincoln & Guba

$$CVR = \frac{ne - N}{N/2}$$

nدر آن تعداد خبرگانی است که گویه را ضروری دانسته‌اند و N تعداد کل خبرگان (۱۰ نفر) است. براساس جدول لاوشه، برای ۱۰ خبره حداقل مقدار قابل قبول برای CVR برابر با ۰٫۶۲ است (لاوشه[1]، ۱۹۷۵). در این مطالعه، ۲۷ گویه دارای CVR بالاتر از ۰٫۶۲ بودند و حفظ شدند، و ۹ گویه با CVR کمتر از حد مطلوب حذف شدند. برای تعیین پایایی ابزار پژوهش، پرسشنامه طراحی شده در بین ۱۲۹ نفر از دانشجویان به که با روش نمونه‌گیری سهمیه‌ای انتخاب شده بودند توزیع شد. به‌طوری‌که پس از جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها، میزان پایایی کل ابزار به دست آمد. همچنین تعداد نمونه مورد نیاز با استفاده از جدول مورگان از بین جامعه آماری با سطح اطمینان ۹۵ درصد مشخص گردید. به‌طوری‌که برای بررسی وضعیت پایایی ابزار پژوهش، از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پژوهش از نرم افزار Pls-Smart استفاده شد.

.جدول۱.پژوهش‌های مشابه بررسی شده

ردیف	اسامی نویسندگان و تاریخ انتشار	عنوان پژوهش
۱	احمدآبادی، زهرا و مسرورنیا، محبوبه (۱۴۰۳)	کاربرد و مقایسه بارد و چت‌جی‌پی‌تی در آموزش شیمی معدنی
۲	Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2024).	Application Of Artificial Intelligence (AI) In Learning Chemistry
۳	Araújo, J. L., & Saúde, I. (2024).	Can ChatGPT Enhance Chemistry Laboratory Teaching? Using Prompt Engineering to Enable AI in Generating Laboratory Activities
٤	Farwati, R., Sari, I., & Fadhilah, G. A. (2024)	Transforming the Chemistry Education Curriculum: Students' Creativity Using AI in Lectures

1. Lawshe

ردیف	اسامی نویسندگان و تاریخ انتشار	عنوان پژوهش
۵	)Kodkin, V. L., & Artem'eva, E. V. (2024	ChatGPT: Application in Chemistry Education and Challenges
٦	Leite, B. S. (2024).	Generative Artificial Intelligence in chemistry teaching: ChatGPT, Gemini, and Copilot's content responses
۷	Okore, G., Ehirim, A., Nwaodu, M. C., &)Okeke, P. (2024	Utilization of Artificial Intelligence Tools by Final Year Chemistry Students in Tertiary Institutions in Owerri, Imo State, Nigeria
۸	Perezzan, R., Montalvo-Quirós, S., Rama-Ballesteros, R., & Herráez-Aguilar, D.)(2024	A PROPOSAL TO INTEGRATE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN CHEMISTRY TEACHING IN HIGHER EDUCATION
۹	Qureshi, M. D. A., Ayaz, S., Amjad, F., Ramzan, M. F., Ikram, M., & Hussain, I. (2024)	Innovating Chemical Education: Leveraging Artificial Intelligence and Effective Teaching Strategies to Enhance Public Engagement in Environmental and Organic Chemistry
۱۰	Selvam, A. A. A. (2024).	Exploring the impact of artificial intelligence on transforming physics, chemistry, and biology education.
۱۱	)Yildirim, B., & Akcan, A. T. (2024	AI-professional development model for chemistry teacher: Artificial intelligence in chemistry education
۱۲	Nguyen, T., & Sirichokcharoenkun, Y. (2023)	The Limitations and Potential of ChatGPT in Chemistry Education.

ردیف	اسامی نویسندگان و تاریخ انتشار	عنوان پژوهش
۱۳	P dos Santos, R. (2023)	Enhancing Chemistry Learning with ChatGPT, Bing Chat, Bard, and Claude as Agents-to-Think-With: A Comparative Case Study. .
۱٤	Truong, H., Nguyen, P., Nguyen, P., Bruneau, P., Cao, L., & Wang, J. (2023)	Exploring the Chemical Capabilities of Google Bard in Vietnamese High Schools
۱۵	راستی، مریم؛ مرادی، راضیه و رحیمیان‌خواه، فاطمه (۱٤۰۲)	تدریس شیمی به کمک هوش مصنوعی و فضای مجازی
۱٦	Chiu, W. K. (2021)	Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review

یافته‌ها

در بخش حاضر سعی بر آن است تا به یافته‌های پژوهش پرداخته شود. به‌طوری‌که یافته‌های پژوهش حاضر بر دوبخش کیفی و کمّی بوده و ابتدا یافته‌های کیفی مورد توجه خواهد بود.

بخش کیفی

در بخش حاضر سعی بر آن است تا به یافته‌های کیفی پرداخته شود.

جدول۲. گویه‌های مستخرج از اسناد در راستای تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش شیمی

تحلیل بازخورد یادگیرندگان (۱۶)[1]، بررسی الگوی رفتاری دانش‌آموزان (۱۶)، ارزیابی درک مفاهیم شیمی (۱۶)، شناسایی روند استدلال یادگیرندگان (۱۶)، تحلیل شناختی حل مسئله (۱۶)، طراحی آزمون شیمی با چت‌بات (۵)، تولید سؤالات چندگزینه‌ای (۵)، تسهیل تصحیح آزمون‌ها (۱۵)، پیشنهاد راه‌حل مسائل مفهومی (۵)، طراحی فعالیت آزمایشگاهی (۳)، بازنویسی زبان تخصصی شیمی (۳)، تولید توضیح مفاهیم درسی (۱۲)، تحلیل داده‌های شیمی (۸)، ارتقاء مهارت تحلیل مفهومی (۴)، شناسایی الگوهای یادگیری (۱۰)، شبیه‌سازی ساختار مولکولی (۲)، مدل‌سازی واکنش شیمیایی (۷)، تجسم ساختارهای شیمیایی (۷)، بازنمایی مفاهیم پیچیده (۷)، ساخت مدل‌های تعاملی درسی (۱۲)، نمایش تصویری مولکول‌ها (۱)، تقویت خلاقیت علمی (۸)، ساده‌سازی مفاهیم دشوار (۷)، طراحی سؤالات تفکری (۱۲)، کمک آموزشی شخصی‌سازی‌شده (۱۲)، برانگیختن کنجکاوی علمی (۱۳)، تقویت یادگیری فعال (۱۳)، افزایش یادداری عملی (۹)، آموزش تطبیقی توسط بارد (۱۴)، درک مفاهیم دشوارتر (۴)، تقویت فرضیه‌سازی مفهومی (۱۲)، یادگیری خودتنظیم‌شده (۱۲)، گسترش فرصت‌های یادگیری (۱۰)، شفاف‌سازی مفاهیم انتزاعی (۱۴)، ساده‌سازی ایده‌های پیچیده (۱۴)، حل منطقی مسائل (۱۴)، پیوند مفاهیم با کاربرد عملی (۱۴)، پاسخ‌دهی شخصی در آموزش (۸)، تولید پاسخ منسجم علمی (۶)، پاسخ آنی به سؤالات درسی (۱۲)، تدریس مؤثرتر در کلاس (۸)، آموزش شیمی آلی (۱۱)، اجرای دقیق آزمایش‌ها (۱۱)، شبیه‌سازی واکنش‌ها (۱۱)، اصلاح روش تدریس (۱۰)، آموزش تطبیقی کلاسی (۱۵)، آموزش تقارن مولکولی (۱)، محاسبه انرژی شبکه‌ای (۱)، پیش‌بینی ساختار اسپینل (۱)، پشتیبانی علمی معلمان (۱۵)، بهبود بهره‌وری تدریس (۱۵)، شناسایی شکاف مفهومی (۱۰)، واگذاری کارهای تکراری (۱۵)، دسترسی به ایده‌های دشوار (۹)، ترویج یادگیری گروهی (۸)، تقویت یادگیری مستقل (۸)، افزایش مشارکت در محتوا (۸)، افزایش فرصت رفع اشکال (۱۵)، پیش‌بینی خواص مولکولی (۲)، برآورد واکنش‌پذیری (۲)، طراحی مولکول جدید (۲)، کشف الگوهای شیمیایی (۲)، یافتن روابط میان داده‌ها (۲)، کشف مواد جدید (۲)، تحول در پژوهش شیمی (۲)، تدوین گزارش‌های علمی (۴)، اجرای پژوهش با چت‌بات (۴)، تحلیل متون تخصصی (۷)، تولید محتوای درسی شیمی (۹)

داده‌های مربوط به تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش شیمی در سطح اسناد مورد بررسی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که در حدود ۶۹ گویه مربوط استخراج شد که در سطح جدول ۲ قابل مشاهده است؛ از سویی نیز مقابل هر گویه استناد درون متنی مربوط به سند مربوط به هرگویه نیز قابل مشاهده است.

۱. اعداد داخل پرانتز روبروی هر گویه بیانگر منبع مرتبط با آن در جدول ۱ است.

بخش کمّی

گویه‌های مستخرج از اسناد مربوط تبدیل به پرسشنامه شده و پس از جمع‌آوری داده‌ها، عمل تحلیل عاملی اکتشافی در نرم‌افزار Spss صورت گرفت؛ سرجمع نیز هفت عامل به‌عنوان عوامل تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش شیمی شناخته شد. همچنین باید بیان داشت برخی سؤالات به دلیل مشترک بودن در برخی عوامل و به دنبال آن به دلیل ناچیز بودن اختلاف بارعاملی آن‌ها حذف شدند؛ برخی نیز مقدار بار عاملی مطلوب (بالاتر از ۰/۴) را کسب نکردند و بر این روال حذف شدند. در نهایت ۲۷ پرسش در قالب هفت عامل در جدول ۳ آورده شد. البته نیز باید بیان داشت که قبل از انجام تحلیل عاملی به جهت اطمینان از کفایت نمونه‌گیری و معنی‌داری، مقدار KMO مورد بررسی واقع شد که به مقدار ۰/۶۵۰ و آزمون بارتلت نیز در سطح معنی‌داری نمایان شد.

جدول۳. گویه‌های سنجش آگاهی دانشجویان از تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش شیمی

کدگذاری گزینشی	کدگذاری محوری	کدگذاری باز
گویه‌های سنجش آگاهی دانشجویان از تأثیر هوش مصنوعی بر آموزش شیمی	کاربرد مفهومی	۱.هوش مصنوعی در تجسم مولکولی شیمیایی کاربرد مطلوبی دارد ۲.هوش مصنوعی بر مدل سازی واکنش های شیمیایی کاربرد مفیدی دارد ۳.هوش مصنوعی در انجام واکنش های شیمیایی کاربرد مفیدی دارد ۴.هوش مصنوعی در انجام واکنش های شیمیایی کاربرد مفیدی دارد ۵.هوش مصنوعی در سرعت‌بخشی به روند مدل‌سازی ساختارهای مولکولی کاربرد مفیدی دارد ۶.هوش مصنوعی در کمک به مربیان جهت پاسخگویی به دانش آموزان کاربرد مطلوبی دارد.
	یادگیری مستقل و فعال	۷.چت جی پی تی به‌عنوان یکی از ابزار هوش مصنوعی در ارائه کمک‌های شخصی در شیمی به دانش آموزان کاربرد مطلوبی دارد. ۸.هوش مصنوعی در کمک به فراگیری مستقل تر مفاهیم شیمی کاربرد مطلوبی دارد ۹.چت جی پی تی به‌عنوان یکی از ابزار هوش مصنوعی در ایجاد سؤالات فکری جهت تقویت یادگیری شیمی کاربرد مطلوبی دارد. ۱۰.هوش مصنوعی در ایجاد زمانی بیشتر برای رفع اشکال دانش آموزان در شیمی کاربرد مطلوبی دارد. ۱۱.ابزار هوش مصنوعی در ترویج یادگیری فعال در مسائل شیمی با طرح پرسش‌های سقراطی کاربرد مطلوبی دارد. ۱۲.هوش مصنوعی در مشارکت بیشتر یادگیرندگان در مطالب درس شیمی کاربرد مطلوبی دارد ۱۳.ابزار هوش مصنوعی در پرورش کنجکاوی در دانش آموزان کاربرد مطلوبی دارد.
	تحلیل شناختی	۱۴.هوش مصنوعی در بررسی و تحلیل رفتار دانش آموزان کاربرد مطلوبی دارد ۱۵.هوش مصنوعی در ارزیابی درک دانش‌آموزان از مفاهیم شیمیایی کاربرد مطلوبی دارد. ۱۶.هوش مصنوعی بر بررسی فرایندهای استدلالی دانش آموزان از مفاهیم شیمی کاربرد مطلوبی دارد. ۱۷.گوگل بارد به‌عنوان یکی ابزار هوش مصنوعی در تبدیل ایده‌های پیچیده شیمی به قطعات قابل درک کاربرد مطلوبی دارد
	تقویت درک مفاهیم	۱۸.هوش مصنوعی در تشخیص شکاف درک دانش آموزان از شیمی کاربرد مطلوبی دارد ۱۹.هوش مصنوعی در دسترسی به ایده‌های پیچیده و دشوار شیمی کاربردی مطلوب دارد ۲۰.گوگل بارد به‌عنوان یکی از ابزار هوش مصنوعی در درگیر ساختن مفاهیم نظری شیمی با کاربردهای واقعی کاربرد مطلوبی دارد.
	پشتیبانی آموزشی	۲۱.چت جی پی تی به‌عنوان یکی از ابزار هوش مصنوعی در پاسخ به سؤالات شیمی دانش آموزان کاربرد مطلوب دارد ۲۲.چت جی پی تی به‌عنوان یکی از ابزار هوش مصنوعی در درک مطلوب مفاهیم شیمی کاربرد مطلوبی دارد. ۲۳.هوش مصنوعی در افزایش دسترسی به فرصت های یادگیری کاربرد مطلوبی دارد
	تحلیل داده و خودآموزی	۲۴.هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل داده‌های شیمی کاربرد مطلوبی دارد. ۲۵.چت جی پی تی به‌عنوان یکی از ابزار هوش مصنوعی در تسهیل یادگیری خودگام دانش آموزان کاربرد مطلوبی دارد.
	خلاقیت و تعامل آموزشی	۲۶.هوش مصنوعی در ترویج رویکرد تعاملی و مشارکتی در یادگیری مفاهیم شیمی کاربرد مطلوبی دارد ۲۷. هوش مصنوعی بر توانمندسازی دانش آموزان جهت کشف خلاقانه در شیمی کاربرد دارد.

در ادامه نیز جهت بررسی و اعتبارسنجی از مدل به‌دست آمده، برازش مدل پژوهش در سه بخش انجام گردید که عبارتند از: ۱- برازش مدل‌های اندازه‌گیری ۲- برازش مدل‌های ساختاری و ۳- برازش مدل کلی؛ به‌طوری‌که ابتدا از درستی روابط موجود در مدل‌های اندازه‌گیری به وسیله‌ی معیارهای پایایی و روایی اطمینان حاصل گردید. از سویی نیز به بررسی و تفسیر روابط موجود در بخش ساختاری پرداخته شده و سرآخر نیز برازش کلی مدل پژوهش بررسی گردید.

سنجش بارهای عاملی: بارهای عاملی از طریق محاسبه مقدار همبستگی گویه‌های یک متغیر با آن متغیر محاسبه گردیده و اگر مقدار به‌دست آمده بالاتر از ۰/۴ باشد مورد تأیید است. بر این اساس بارهای عاملی سؤال‌های مدل‌های اندازه‌گیری و ضرایب معناداری مربوط به آن‌ها در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول٤. بارهای عاملی و ضرایب t-value گویه‌های پرسشنامه

سؤالات	بارعاملی Factor Load	T-Values
Q1	۰/۸۲۵	٤۰,۰۲۰
Q2	۰/۷٦۲	۲۱,٦٥۹
Q3	۰/۷۲۹	۱٥,٤٦۷
Q4	۰/۷۸۲	۲۱,۷۰۰
Q5	۰/۷۹۰	۲٥,۰۲۹
Q6	۰/۷۳۳	۱۹,۸۷۱
Q7	۰/۷٤۰	۱۷,۱۰٤
Q8	۰/۷۷۷	۲۲,۱۷۷
Q9	۰/۷۰۸	۱٥,۱۸٤
Q10	۰/۷٦۱	۲۰,٦۳٦
Q11	۰/۷۰۸	۱۲,۹۰۷
Q12	۰/٦۷٤	۱۱,۷۳٦
Q13	۰/۷۸۲	۲۳,۳۲۹
Q14	۰/۸٥۹	٥۲,۰۹٦
Q15	۰/۸۳۷	٤٥,٦۲٥

Q16	۰/۷۹۶	۳۹,۲۶۹
Q17	۰/۷۶۲	۲۶,۲۰۱
Q18	۰/۷۴۱	۱۶,۷۲۳
Q19	۰/۸۸۱	۶۸,۷۵۴
Q20	۰/۹۱۰	۷۱,۵۴۵
Q21	۰/۸۶۵	۶۱,۶۶۲
Q22	۰/۹۰۰	۵۳,۰۴۴
Q23	۰/۸۰۳	۲۴,۳۰۹
Q24	۰/۸۷۶	۴۴,۹۶۸
Q25	۰/۸۹۲	۵۰,۴۶۳
Q26	۰/۸۲۸	۲۵,۰۱۱
Q27	۰/۸۸۷	۶۴,۹۵۷

همان‌گونه که در جدول۴ قابل مشاهده است تمامی بارهای عاملی بالای ۰/۴ بوده و ضرایب معنادار t آن‌ها نیز همگی بالای ۱/۹۶ است که بر این اساس ادعا بر آن است که بارهای عامل تمام سؤالات در سطح ۹۵ درصد معنادار بوده و نیازی به حذف سؤالات نمی‌باشد (داوری و رضازاده، ۲۰۱۶).

جدول۵. شاخص‌های مربوط به همسانی درونی ابزار پژوهش

متغیر	ضریب آلفای کرونباخ	AVE	پایایی ترکیبی(CR)
کاربرد مفهومی	۰/۸۶۳	۰/۵۹۴	۰/۸۹۸
یادگیری مستقل و فعال	۰/۸۵۹	۰/۵۴۳	۰/۸۹۲
تحلیل شناختی	۰/۸۳۰	۰/۶۶۳	۰/۸۸۷
تقویت درک مفاهیم	۰/۸۰۰	۰/۷۱۸	۰/۸۸۳
پشتیبانی آموزشی	۰/۸۲۰	۰/۷۳۴	۰/۸۹۲
تحلیل داده و خودآموزی	۰/۷۲۰	۰/۷۸۱	۰/۸۷۷
خلاقیت و تعامل آموزشی	۰/۷۷۶	۰/۷۳۶	۰/۸۴۷
کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۹۲۶	۰/۵۰۱	۰/۹۳۳

براساس جدول۵ نیز مقادر مربوط به پایایی متغیرها مدل پژوهش بیشتر از ۰/۷ است که نشان‌دهنده پایایی مناسب پژوهش حاضر است.

روایی همگرا: روایی همگرا، به‌عنوان معیاری است که برای برازش مدل‌های اندازه‌گیری به‌کار رفته و مقدار بحرانی برای معیار میانگین واریانس استخراج شده که برای سنجش روایی همگرا معروف است، ۰/۵ است؛ به‌طوری‌که مقادیر بالای ۰/۵ بیانگر روایی همگرای قابل قبول است (بارکلای و همکاران[1]، ۱۹۹۵). بنابران با عنایت بر آن که ضرایب میانگن واریانس موجود در جدول۵ همگی بالا ۰/۵ است، پس از روایی همگرا برخوردار هستند.

روایی واگرا: روایی واگرا نیز سومین شاخص سنجش برازش مدل‌های اندازه‌گیری در روش حداقل مربعات جزئی است. روایی واگرا نیز زمانی مقبول است که میزان میانگین واریانس استخراجی برای هر متغیر بیشتر از واریانس اشتراکی بین آن متغیر و متغیرهای دیگر در مدل باشد (فونل و لاکر[2]، ۱۹۸۱). براساس جدول ۵ مدل پژوهش از روایی واگرا برخوردار است.

جدول٦. ماتریس روایی واگرای مدل اندازه‌گیری

متغیرها	کاربرد مفهومی	یادگیری مستقل و فعال	تحلیل شناختی	تقویت درک مفاهیم	پشتیبانی آموزشی	تحلیل داده و خودآموزی	خلاقیت و تعامل آموزشی	کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی
کاربرد مفهومی	۰/۷۷۱							
یادگیری مستقل و فعال	۰/۴۳۷	۰/۷۳۷						
تحلیل شناختی	۰/۴۷۴	۰/۳۹۹	۰/۸۱۴					
تقویت درک مفاهیم	۰/۵۱۸	۰/۳۵۵	۰/۵۹۵	۰/۸۴۷				
پشتیبانی آموزشی	۰/۵۲۹	۰/۴۳۶	۰/۵۴۱	۰/۳۹۶	۰/۸۵۷			
تحلیل داده و خودآموزی	۰/۵۲۷	۰/۳۹۳	۰/۴۷۴	۰/۳۵۵	۰/۴۸۵	۰/۸۸۴		
خلاقیت و تعامل آموزشی	۰/۴۲۵	۰/۳۷۹	۰/۳۷۴	۰/۳۸۰	۰/۲۹۲	۰/۲۹۲	۰/۸۵۸	
کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۷۰۱	۰/۷۰۳	۰/۷۰۳	۰/۷۰۴	۰/۶۴۵	۰/۶۶۶	۰/۵۹۱	۰/۷۰۷

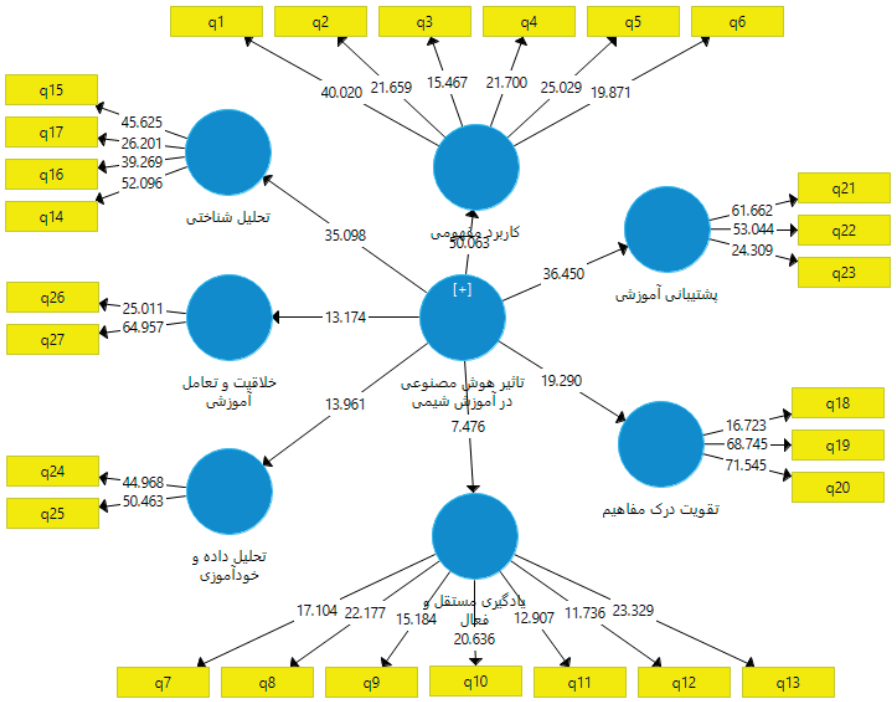
1 . Barclay et al.

2 . Fornell & Larcker

همان‌گونه که از جدول۶ مشخص است مقدار جذر میانگین واریانس استخراجی متغیرها در تحقیق حاضر که در خانه‌های قطر اصلی مشهود است، از مقدار همبستگی میان آن‌ها در خانه‌های زیرین و چپ قطر اصلی ترتیب داده شده‌اند، زیاد است. بنابراین مدل پژوهش از روایی واگرا برخوردار است.

شاخص‌های ارزیابی برازش مدل ساختاری: برای برازش مدل ساختاری، به ترتیب این شاخص‌های ارزیابی مورد توجه قرار گرفتند: ۱-اعداد معناداری t ۲-شاخص R^2 ۳-شاخص Q^2

اعداد معناداری t (Value-T): ابتدایی‌ترین شاخص برای سنجش رابطه بین متغیرها در مدل(بخش ساختاری)، اعداد معناداری t است. به‌طوری‌که این اعداد اگر در سطح ۹۵ درصد از ۱/۹۶ بیشتر باشند، نشان از صحت رابطه متغیرها است. به گونه‌ای که شماره ۱ مقادیر Value-T را برای ارزیابی بخش ساختاری مدل پژوهش نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است، تمامی ضرایب معناداری از ۱/۹۶ بیشتر بوده و بر این اساس تمامی مسیرهای مشخص شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده و حاکی از مناسب بودن مدل ساختاری است (داوری و رضازاده، ۱۳۹۳).



شکل۱. مقادیر T-Vlue برای ارزیابی اثربخش ساختاری مدل

شاخص ضریب تعیین(R^2): شاخص ضریب تعیین برای وصل کردن قسمت اندازه‌گیری و بخش ساختاری مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیان‌گر تأثیری است که یک متغیر برون‌زا در متغیری درون‌زا می‌گذارد. از این سو نیز سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ به منزله سه ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی است (ملازهی و همکاران، ۱۴۰۰). بر این اساس، برازش ساختاری مدل با ضریب تعیین قابل قبول است که در جدول۷ بدان اشاره شده است.

شاخص Q^2: این شاخص برای برازش مدل ساختاری بوده و قدرت پیش‌بینی مدل در سازه‌های درون‌زا را مشخص می‌کند. مدل‌هایی که برازش ساختاری قابل قبولی دارند باید از قابلیت پیش‌بینی متغیرهای درون‌زای مدل نیز بهره‌مند باشند؛ بدین معنا که اگر در یک مدل روابط بین سازه‌ها به درستی تعریف شده باشند، سازه‌ها تأثیر کافی در یکدیگر می‌گذارند و از این راه فرضیه‌ها به درستی تأیید می‌شوند. سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ به‌عنوان قدرت پیش‌بینی کم، متوسط و قوی تعیین شده‌اند (ملازهی و همکاران، ۱۴۰۰). در تحقیق حاضر نیز شاخص Q^2 متغیرهای پژوهش از وضعیت مطلوبی برخوردارند که در جدول ۶ بدان اشاره شده است.

جدول۷. مقادیر مربوط به شاخص‌های ارزیابی برازش مدل ساختاری

متغیر	R^2	Q^2
کاربرد مفهومی	۰/٦٦۰	۰/۳٤٤
یادگیری مستقل و فعال	۰/۵۱۵	۰/۲٦۰
تحلیل شناختی	۰/۵۸۲	۰/۳۵۹
تقویت درک مفاهیم	۰/٤۹۵	۰/۳۳۲
پشتیبانی آموزشی	۰/۵۵۵	۰/۳۷۳
تحلیل داده و خودآموزی	۰/٤٤۳	۰/۳۲۳
خلاقیت و تعامل آموزشی	۰/۳٤۹	۰/۲٤٤

شاخص ارزیابی برازش مدل کلی: مدل کلی شامل هر دو بخش مدل‌های اندازه‌گیری و معادلات ساختاری شده و با تأیید برازش آن، بررسی برازش در یک مدل کامل می‌گردد. برای بررسی مدل کلی از شاخص به نام شاخص نیکویی برازش GOF استفاده می‌گردد و از آن می‌توان برای بررسی اعتبار یا کیفیت مدل پژوهش به‌طور کلی استفاده نمود. ولتز و همکاران (۲۰۰۹) سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ را به‌عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی نمودند. مقدار GOF برای مدل پژوهش به قرار زیر محاسبه می‌گردد:

=GOF

با عنایت بر اینکه مقدار ۰/۵۹۱ برای GOF مدل پژوهش حاضر به‌دست آمد. بر این اساس، مدل کابرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی، دارای برازش بسیار مطلوب برای مدل کلی خویش است.

SRMR نیز شاخصی است که میانگین تفاوت‌های استانداردشده بین ماتریس همبستگی مشاهده‌شده و مدل‌شده را اندازه می‌گیرد. مقدار پایین‌تر SRMR نشان‌دهنده برازش بهتر مدل است. معمولاً مقدار ≥ ۰,۰۸ برازش خوب، بین ۰,۰۸ تا ۰,۱۰ قابل قبول و بالاتر از ۰,۱۰ ضعیف در نظر گرفته می‌شود (هیر و همکاران[1]، ۲۰۱۰). بر این اساس نیز باید گفت که نرم‌افزار پی‌ال اس مقدار SRMR را پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها ۰/۰۹۱ نشان داد که برازش مطلوبی است.

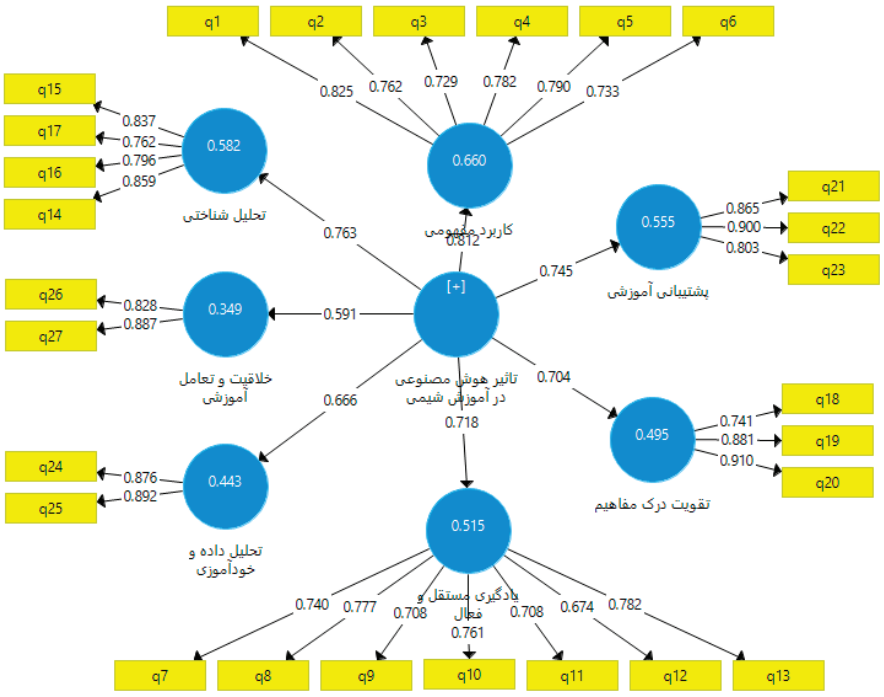
آزمودن فرضیه‌های پژوهش: بعد از برازش مدل‌های اندازه‌گیری، مدل ساختار و مدل کلی، امکان بررسی فرضیه‌ها نیز فراهم بوده و با عنایت بر مقادیر T روابط بین متغیرهای مدل و ضرایب استاندارد شده مدل پژوهش و همچنین ضرایب استاندارد مربوط به هرکدام در جدول۸ مشخص شده است.

جدول۸. آگاهی دانشجویان از کابرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی

ردیف	مسیر	ضریب مسیر	آماره t	نتیجه آزمون
۱	کاربرد مفهومی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۸۱۲	۵۰,۰۶۳	تأیید
۲	یادگیری مستقل و فعال کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۷۱۸	۷,۴۷۶	تأیید
۳	تحلیل شناختی کابرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۷۶۳	۳۵,۰۹۵	تأیید
۴	تقویت درک مفاهیم کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۷۰۴	۱۹,۲۹۰	تأیید
۵	پشتیبانی آموزشی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۷۴۵	۳۶,۴۵۰	تأیید
۶	تحلیل داده و خودآموزی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۶۶۶	۱۳,۹۶۱	تأیید
۷	خلاقیت و تعامل آموزشی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی	۰/۵۹۱	۱۳,۱۷۴	تأیید

1. Hair et al.

همان‌طور که در جدول ۸ قابل مشاهده است، مقادیر آماره T این شش مؤلفه بیشتر از ۱/۹۶ بوده و بر این اساس با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان بیان داشت که مؤلفه‌های هفتگانه بیان شده توان پیش‌بینی متغیر کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی را دارند.



شکل۲. ضرایب استاندارد شده مدل پژوهش

بحث و نتیجه‌گیری

ادغام سریع هوش مصنوعی در محیط‌های آموزشی، الگوهای تدریس و یادگیری را به‌ویژه در رشته‌هایی چون شیمی به‌طور قابل توجهی دگرگون کرده است. با توجه به اینکه هوش مصنوعی به شکلی فزاینده در شیوه‌های آموزشی جای می‌گیرد، درک نحوه برداشت و تعامل دانشجویان با کاربردهای آن، ضرورتی انکارناپذیر است. بر این اساس نیز پژوهش حاضر در صدد آن بود تا ابزاری جهت سنجش میزان آگاهی دانشجویان شیمی از کاربرد ابزار هوش مصنوعی در شیمی، طراحی و اعتبارسنجی نماید.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که هوش مصنوعی، به‌عنوان یک فناوری نوظهور، ظرفیت بالایی برای تغییر ماهوی در فرایندهای آموزش شیمی دارد. این تأثیرات در قالب

هفت مؤلفه کلیدی، شناسایی و اعتبارسنجی شده‌اند که هریک ابعاد خاصی از یادگیری را هدف قرار می‌دهند و در مجموع، چارچوبی منسجم برای تحلیل و به‌کارگیری هوش مصنوعی در آموزش فراهم می‌سازند. در بعد کاربرد مفهومی، فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با ارائه بازنمایی‌های بصری و تعاملی، به فهم بهتر مفاهیم انتزاعی و پیچیده شیمی کمک کرده و پلی میان نظریه و عمل ایجاد می‌کنند. این ابزارها، با بهره‌گیری از مدل‌سازی واکنش‌ها و شبیه‌سازی ساختارهای مولکولی، نقش مهمی در تجسم‌سازی مفاهیم ایفا می‌کنند. یادگیری مستقل و فعال از دیگر حوزه‌هایی است که هوش مصنوعی در آن نقشی پررنگ ایفا می‌کند. این فناوری‌ها با ارائه آموزش شخصی‌سازی‌شده، امکان مشارکت فعال‌تر، طرح پرسش‌های چالش‌برانگیز و تقویت کنجکاوی علمی را در دانشجویان فراهم کرده و آن‌ها را به مسیر خودتنظیمی و مسئولیت‌پذیری بیشتر در فرایند یادگیری سوق می‌دهند.

در بعد تحلیل شناختی، ابزارهای هوشمند قادرند به تحلیل الگوهای رفتاری و شناختی دانشجویان بپردازند، خطاهای مفهومی را شناسایی کرده و بازخوردهای دقیق و هدفمند ارائه دهند. این تحلیل‌ها می‌توانند پایه‌گذار توسعه مهارت‌هایی مانند تفکر انتقادی، حل مسئله و استدلال علمی باشند. افزایش درک مفهومی نیز به‌واسطه تنوع روش‌های ارائه محتوا، بهره‌گیری از واقعیت مجازی، تولید توضیحات هوشمند و استفاده از نمودارهای تعاملی تقویت می‌شود. این تنوع، به انطباق بهتر آموزش با سبک‌های یادگیری دانشجویان و در نتیجه درک عمیق‌تر مفاهیم منجر می‌شود. در پشتیبانی آموزشی، هوش مصنوعی با انجام وظایف تکراری نظیر نمره‌دهی، ردیابی عملکرد و تولید محتوای آموزشی، زمان معلمان را آزاد می‌سازد تا تمرکز بیشتری بر راهبردهای تدریس با اثربخشی بالا داشته باشند. همچنین، سیستم‌های هوشمند قادر به شناسایی دانشجویان در معرض افت تحصیلی و ارائه مداخلات آموزشی هدفمند هستند. تحلیل داده و خودآموزی از دیگر ظرفیت‌های مهم این فناوری است. سامانه‌های هوشمند با پردازش رفتارهای یادگیری، گزارش‌هایی دقیق برای پایش پیشرفت، بازنگری استراتژی‌های یادگیری و هدف‌گذاری تحصیلی ارائه می‌کنند. این بازخوردهای مداوم، دانشجویان را به فراگیری خودتنظیم و ارتقای مهارت‌های فراشناختی سوق می‌دهند. در نهایت، در بعد خلاقیت و تعامل آموزشی، هوش مصنوعی از طریق پلتفرم‌های تعاملی، بازی‌سازی، چت‌بات‌های آموزشی و محیط‌های گفت‌وگو محور، تعامل علمی میان دانشجویان را افزایش داده و بستر شکوفایی خلاقیت را فراهم می‌کند.

ابزار طراحی‌شده بر پایه داده‌های کیفی آموزش شیمی و با اتکا بر استانداردهای آماری نظیر پایایی ترکیبی، آلفای کرونباخ، روایی همگرا و واگرا و برازش مدل، از اعتبار مناسبی برخوردار است. شاخص‌های GOF و SRMR نیز مؤید کیفیت مناسب مدل کلی پژوهش هستند. همچنین، کلیه مسیرهای ساختاری بین متغیرها در مدل، از لحاظ آماری معنادار بوده‌اند

و این مسئله نشان می‌دهد که مؤلفه‌های شناسایی‌شده به‌درستی تبیین‌کننده مفهوم آگاهی دانشجویان از کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی هستند. در مجموع، این پژوهش نه‌تنها به توسعه ابزاری معتبر برای سنجش آگاهی دانشجویان از فناوری‌های هوش مصنوعی پرداخته، بلکه چارچوبی مفهومی برای درک و تحلیل نقش چندلایه این فناوری در آموزش شیمی ارائه داده است. چنین چارچوبی می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های آموزشی، طراحی برنامه‌های درسی و پژوهش‌های آتی در حوزه آموزش علوم کمک شایانی کند. همچنین این ابزار در سنجش اثربخشی سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در آموزش نیز قابل استفاده خواهد بود. همچنین باید توجه داشت که ابزار طراحی‌شده بر پایه داده‌های کیفی خاص آموزش شیمی ساخته شده است و گویه‌های آن با توجه به ویژگی‌های مفهومی و عملی تدریس شیمی استخراج شده‌اند؛ بنابراین به نظر می‌رسد که به‌طور مستقیم قابل تعمیم به سایر حوزه‌ها مانند فیزیک یا زیست‌شناسی نیست. با این حال، چون چارچوب مفهومی ابزار مبتنی بر مدل‌های نظری عمومی است، قابلیت اقتباس برای سایر رشته‌ها با بازنگری و بومی‌سازی گویه‌ها وجود دارد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، نسخه‌های تطبیق‌یافته‌ای برای سایر علوم تدوین و اعتبارسنجی شوند. بنابراین و براساس یافته‌های به‌دست آمده می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه داد:

۱-به وزارت آموزش و پرورش و وزارت علوم توصیه می‌گردد تا میزان آگاهی دانشجویان از کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شیمی را توسط ابزار سنجش طراحی شده در پژوهش حاضر مورد ارزیابی قرار دهد.

۲-توصیه می‌گردد که به معلمان و یادگیرندگان و اساتید، آموزش‌های لازم جهت به‌کارگیری صحیح و دقیق هوش مصنوعی در سطح کلاس ارائه گردد.

۳-پیشنهاد بر آن است که دانشجویان را از نحوه استفاده درست از هوش مصنوعی در آموزش شیمی تبیین و توجیه کرد.

۴-مطلوب آن است تا از ابزارهای هوش مصنوعی جهت ارزیابی و بررسی وضعیت دانشجویان توسط مربیان استفاده شود.

منابع

احمدآبادی، زهرا و مسرورنیا، محبوبه (۱۴۰۳). کاربرد و مقایسه بارد و چت‌جی‌پی‌تی در آموزش شیمی معدنی. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۶(۲): ۴۸-۶۷.

داوری، علی و رضازاده، آرش (۱۳۹۳). *مدل‌سازی معادلات ساختاری با نرم‌افزار PLS*. تهران: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.

راستی، مریم؛ مرادی، راضیه و رحیمیان‌خواه، فاطمه (۱۴۰۲). تدریس شیمی به کمک هوش مصنوعی و فضای مجازی، دومین کنگره توسعه علمی و فناوری دانشجویان زیست شناسی و شیمی،تهرا ن،https://civilica.com/doc/۱۹۴۳۱۳۷.

ملازهی، مصطفی؛ سلاجقه، سنجر؛ حسنی‌احمدیه، صدیقه؛ فیروزآبادی، آمنه و جلالی‌جواران، رحمان (۱۴۰۰). طراحی و اعتبارسنجی الگوی رهبری دیجیتال در نظام آموزش و پرورش کشور (مطالعه موردی: آموزش و پرورش استان سیستان و بلوچستان). *پژوهش‌های مدیریت راهبردی*، ۲۷(۸۱): ۱۴۷-۱۷۵.

Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2024). Application Of Artificial Intelligence (AI) In Learning Chemistry. *Literacy: Journal of Education and Social Science*, *1*(02), 107-111.

Alier, M., García-Peñalvo, F., & Camba, J. D. (2024). Generative Artificial Intelligence in Education: From Deceptive to Disruptive.

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54(5), 977-997.

Almeida, F. (2018). Strategies to perform a mixed methods study. *European Journal of Education Studies*.

Araújo, J. L., & Saúde, I. (2024). Can ChatGPT Enhance Chemistry Laboratory Teaching? Using Prompt Engineering to Enable AI in Generating Laboratory Activities. *Journal of Chemical Education*, *101*(5), 1858-1864.

Azhir, E., Rahmani, A. M., Ali, S., Mohammadi, M., Ahmed, O. H., Yassin Ghafour, M., Hasan Ahmed, S., & Hosseinzadeh, M. (2021). Artificial intelligence approaches and mechanisms for big data analytics: a systematic study. PeerJ. Computer science, 7, article number e488. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.488.

Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (1995). *The Partial Least Squares (PLS) Approach to Causal Modeling: Personal Computer Adoption and Use as an Illustration.* Technology Studies, 2, 285-309.

Biesta, G. (2021). PRAGMATISM AND THE PHILOSOPHICAL FOUNDATIONS OF MIXED METHODS RESEARCH[1]. SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research, 95.

Chiu, W. K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review. *Education sciences*, *11*(11), 709.

Cooper, H., & Hedges, L. V. (2009), Research Synthesis as a scientific process, The Handbook of Research synthesis and meta-Analysis (pp. 3-16), US: Russell Sage.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and Conducting Mixed Methods Research (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.

Daher, W., Diab, H., & Rayan, A. (2023). Artificial intelligence generative tools and conceptual knowledge in problem solving in chemistry. *Information*, *14*(7), 409.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS quarterly, 319-340.

De-Moreta-Llovet, J., Ruiz-Rojas, L. I., Acosta-Vargas, P., & Gonzalez-Rodriguez, M. (2023). Empowering Education with Generative Artificial Intelligence Tools: Approach with an Instructional Design Matrix. Sustainability, 15(15), article number 11524. https://doi.org/10.3390/su151511524.

Farwati, R., Sari, I., & Fadhilah, G. A. (2024). Transforming the Chemistry Education Curriculum: Students' Creativity Using AI in Lectures. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, *12*(4), 687-696.

Firat, M. (2023). Integrating AI Applications into Learning Management Systems to Enhance e-Learning. Instructional Technology and Lifelong Learning, 4(1), 1-14. https://doi.org/10.52911.

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*, *18*(1), 39-50.

Galindo-Domínguez, H., Delgado, N., Losada, D., & Etxabe, J. M. (2024). An analysis of the use of artificial intelligence in education in Spain: The in-service teacher's perspective. Journal of Digital Learning in Teacher Education, 40(1), 41-56.

George, B., & Wooden, O. (2023). Managing the Strategic Transformation of Higher Education through Artificial Intelligence. Administrative Sciences, 13(9), 196. https://doi.org/10.3390/admsci13090196

Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. Education Sciences, 13(12), article number 1216. https://doi.org/10.3390/educsci13121216.

Hair Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). Multivari-

ate data analysis. In *Multivariate data analysis* (pp. ۷۸۵-۷۸۵).
Ivanashko, O., Kozak, A., Knysh, T., & Honchar, K. (2024). The role of artificial intelligence in shaping the future of education: opportunities and challenges. *Futurity Education*, *4*(1), 126-146.
Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. Educational researcher, 33(7), 14-26.
Kalyani, L. K. (2024). The role of technology in education: Enhancing learning outcomes and 21st century skills. *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology*, *3*(4), 05-10.
Kamalov, F., Santandreu Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education:Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. Sustainability, 15(16), article number 12451. https://doi.org/10.3390/su151612451.
Kodkin, V. L., & Artem'eva, E. V. (2024). ChatGPT: Application in Chemistry Education and Challenges. *Journal of Computer and Communications*, *12*(03), 196-206.
Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, *28*(4).
Leite, B. S. (2024). Generative Artificial Intelligence in chemistry teaching: ChatGPT, Gemini, and Copilot's content responses. *Journal of Applied Learning and Teaching*, *7*(2).
Lin, C. C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review. Smart Learning Environments, 10, 41. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y.
Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). Naturalistic Inquiry. Sage Publications.
McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia medica*, *22*(3), 276-282.
Mendez, J. D. (2024). Student Perceptions of Artificial Intelligence Utility in the Introductory Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, *101*(8), 3547-3549.
Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers college record, 108(6), 1017-1054.

Nguyen, T., & Sirichokcharoenkun, Y. (2023). *The Limitations and Potential of ChatGPT in Chemistry Education*.

Nja, C. O., Uwe, U. E., & Nkereuwem, V. I. Artificial Intelligence Tools of Personalized Learning and Intelligent Tutoring System as Correlates of Students Motivation in Chemistry. *AJSTME*, 10(1): 27-32.

Obidovna, D. Z. (2024). THE PEDAGOGICAL-PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN INTEGRATIVE EDUCATION. International Journal Of Literature And Languages, 4(03), 13-19.

Okore, G., Ehirim, A., Nwaodu, M. C., & Okeke, P. (2024). Utilization of Artificial Intelligence Tools by Final Year Chemistry Students in Tertiary Institutions in Owerri, Imo State, Nigeria. *Faculty of Natural and Applied Sciences Journal of Computing and Applications*, *2*(1), 86-93.

P dos Santos, R. (2023). Enhancing Chemistry Learning with ChatGPT, Bing Chat, Bard, and Claude as Agents-to-Think-With: A Comparative Case Study. *Enhancing Chemistry Learning with ChatGPT, Bing Chat, Bard, and Claude as Agents-to-Think-With: A Comparative Case Study (October 24, 2023)*.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, *372*.

Pandya, K. & Gor, K. (2011). "Knowledge management: A success key for higher education". *Federation University Journal of Higher Education*, 5(1): 16- 23.

Perezzan, R., Montalvo-Quirós, S., Rama-Ballesteros, R., & Herráez-Aguilar, D. (2024). A PROPOSAL TO INTEGRATE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN CHEMISTRY TEACHING IN HIGHER EDUCATION. In *INTED2024 Proceedings* (pp. ٣٤٤١-٣٤٣٥). IATED.

Qureshi, M. D. A., Ayaz, S., Amjad, F., Ramzan, M. F., Ikram, M., & Hussain, I. (2024). Innovating Chemical Education: Leveraging Artificial Intelligence and Effective Teaching Strategies to Enhance Public Engagement in Environmental and Organic Chemistry. *Indus Journal of Social Sciences*, *2*(2), 253-271.

Ruff, E. F., Franz, J. L., & West, J. K. (2024). Using ChatGPT for Method

Development and Green Chemistry Education in Upper-Level Laboratory Courses. *Journal of Chemical Education*, *101*(8), 3224-3232.

Samuel, J., Khanna, T., and Sundar, S. (2024a). Fear of artificial intelligence? NLP, ML and LLMs based discovery of AI-phobia and fear sentiment propagation by AI news. doi: 10.31234/osf.io/j6fnm

Selvam, A. A. A. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence on transforming physics, chemistry, and biology education.

Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research techniques.

Tashakkori, A. (2010). Sage handbook of mixed methods in social & behavioral research. Sage.

Truong, H., Nguyen, P., Nguyen, P., Bruneau, P., Cao, L., & Wang, J. (2023). Exploring the Chemical Capabilities of Google Bard in Vietnamese High Schools. *Researchgate. Net*.

Verkuyl, M., & Hughes, M. (2019). Virtual Gaming Simulation in Bridging Nursing Education: A mixed methods study. Clinical Simulation in Nursing, 29 (C): 9-14. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.02.00.

Wang, C., Chen, X., Yu, T., Liu, Y., & Jing, Y. (2024). Education reform and change driven by digital technology: a bibliometric study from a global perspective. *Humanities and Social Sciences Communications*, *11*(1), 1-17.

Wetzels, M., Odekerken, S. G., & Vanoppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: and empirical illustration. *MIS Quarterly*, 33(1), 177-195.

Yildirim, B., & Akcan, A. T. (2024). AI-professional development model for chemistry teacher: Artificial intelligence in chemistry education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 161-182.

Zudonu, O. C., Osiah, C. U., Ogbu, M., Adejoke, B., John, J. P., & Nkisa, O. D. (2024). Investigating the effect of artificial intelligence on chemistry and physics students' achievement and conceptual change in heat change in SSS2 in rivers state. International Journal of Chemistry and Chemical Processes, 10(3), 42-66.