



ORIGINAL RESEARCH PAPER

The impact of a blended-learning educational program for teaching chemistry concepts on mental rotation of students with hearing impairment

F. Farzin, E. Zaraii Zavaraki*, Z. Jamebozorg, M. Vahedi

Department of Instructional Technology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 06 February 2025

Reviewed: 16 March 2025

Revised: 18 April 2025

Accepted: 18 June 2025

KEYWORDS:

Blended Learning
Mental Rotation
Students with Hearing
Impairments
Chemistry Education
Assistive Technologies

* Corresponding author

✉ zavaraki@atu.ac.ir

☎ (+98912) 6141342

Background and Objectives: Teaching abstract chemistry concepts to students with hearing impairments is one of the fundamental challenges of the educational system. Mental rotation ability, as a core component of spatial thinking, plays a central role in understanding chemistry concepts, and research has shown that the blended learning approach could help improve learning in students with special needs. In blended learning, students with special educational needs simultaneously benefit from online learning and in-person instruction and can work independently at their own pace. Additionally, this approach allows teachers to act with greater flexibility and dedicate more time to individual interaction with students. Given the lack of comprehensive studies in this field, this research aimed to systematically review studies conducted on the impact of blended-learning educational programs on the mental rotation ability of students with hearing impairments in understanding chemistry concepts.

Methods: This research was a systematic review study conducted following the PRISMA guidelines. Article searches were performed in five databases – Scopus, Web of Science, PubMed, ERIC, and Google Scholar – for the period between 2014 and 2025. Inclusion criteria included original research articles related to chemistry education for students with hearing impairments, the use of blended learning approach or assistive technologies, and examination of the impact of intervention on learning or mental rotation. From among the 172 articles, after removing duplicates and reviewing titles and abstracts, 37 articles were selected for full-text review, and finally, 11 articles which met the inclusion criteria were included in the study. Betten et al.'s checklist was used to assess article quality. Data regarding intervention methods, type of technology used, and results were extracted from the articles and analyzed using qualitative content analysis.

Findings: Qualitative content analysis of the articles revealed four main themes: Educational Challenges (with three sub-themes: difficulty understanding abstract concepts, communication limitations, and lack of appropriate educational resources, with a total frequency of 18 cases), Technology Benefits (with three sub-themes: improved content accessibility, increased interaction and participation, and opportunity for repetition and practice, with a total frequency of 21 cases), Instructional Design Considerations (with three sub-themes: use of visual elements, language simplification, and immediate feedback provision, with a total frequency of 22 cases), and Educational Needs (with three sub-themes: teacher training, specialized content production, and infrastructure improvement, with a total frequency of 20 cases). Results showed that the blended learning approach helped to improve learning through four main mechanisms: creating a multi-sensory learning environment, enabling deep content interaction, providing immediate feedback, and personalizing the learning path. Identified effective technologies included molecular simulation software, virtual reality environments, 3D visualization tools, and new game-based approaches such as block-based games and gamification methods.

Conclusion: The results of this study indicated that success in teaching chemistry to students with hearing impairments requires a systematic and multifaceted approach in which new technologies are intelligently integrated with traditional methods. For successful implementation of this approach, investment in three areas is essential: development of technological infrastructure, production of specialized educational content, and continuous teacher training. Recent advances in artificial intelligence, virtual reality, and game-based approaches have created new opportunities for improving education, but their successful

implementation requires attention to issues of accessibility, cost, and educational equity. The main limitations of the research included the small number of high-quality studies, limited sample size in some studies, and the geographic concentration of research in specific countries. It is suggested that future studies examine the long-term impact of educational interventions, the role of individual and environmental factors in the success of programs, and analyze the cost-effectiveness of different interventions.

COPYRIGHTS



© 2026 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



NUMBER OF REFERENCES

48



NUMBER OF FIGURES

1



NUMBER OF TABLES

3

مقاله پژوهشی

تأثیر برنامه آموزشی مبتنی بر رویکرد یادگیری تلفیقی بر میزان چرخش ذهنی دانش‌آموزان با آسیب شنوایی در مفاهیم شیمی

فرمند فرزین، اسماعیل زارعی زوارکی*، زهرا جامه بزرگ، مهدی واحدی

گروه تکنولوژی آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: آموزش مفاهیم انتزاعی شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی یکی از چالش‌های اساسی نظام آموزشی است. توانایی چرخش ذهنی، به عنوان مؤلفه اصلی تفکر فضایی، نقش محوری در درک مفاهیم شیمی دارد و پژوهش‌ها نشان می‌دهند که رویکرد یادگیری تلفیقی می‌تواند به بهبود یادگیری در دانش‌آموزان با نیازهای ویژه کمک کند. در یادگیری تلفیقی، دانش‌آموزان با نیازهای آموزشی ویژه هم‌زمان از منافع یادگیری برخط و آموزش حضوری بهره‌مند می‌شوند و می‌توانند به‌طور مستقل و با سرعت خودشان کار کنند. همچنین، این رویکرد به معلمان امکان می‌دهد با انعطاف‌پذیری بیشتری عمل کنند و زمان بیشتری را به تعامل فردی با دانش‌آموزان اختصاص دهند. با توجه به کمبود مطالعات جامع در این زمینه، هدف این پژوهش بررسی نظام‌مند مطالعات انجام شده درباره تأثیر برنامه‌های آموزشی مبتنی بر یادگیری تلفیقی بر توانایی چرخش ذهنی دانش‌آموزان با آسیب شنوایی در درک مفاهیم شیمی است.

روش‌ها: این مطالعه یک پژوهش مروری نظام‌مند است که با پیروی از دستورالعمل پریسما انجام شد. جستجوی مقالات در پنج پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس، وب آو ساینس، پابمد، اریک و گوگل اسکالر در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ صورت گرفت. معیارهای ورود شامل مقالات پژوهشی مرتبط با آموزش شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی، استفاده از رویکرد یادگیری تلفیقی یا فناوری‌های کمکی و بررسی تأثیر مداخله بر یادگیری یا چرخش ذهنی بود. از مجموع ۱۷۲ مقاله یافت شده، پس از حذف موارد تکراری و بررسی عنوان و چکیده، ۳۷ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند و در نهایت ۱۱ مقاله که معیارهای ورود را داشتند وارد مطالعه شدند. برای ارزیابی کیفیت مقالات از چک‌لیست بتن و همکاران استفاده شد. داده‌های مربوط به روش مداخله، نوع فناوری مورد استفاده و نتایج از مقالات استخراج شدند؛ سپس با روش تحلیل محتوای کیفی تحلیل شدند.

یافته‌ها: تحلیل محتوای کیفی مقالات چهار مؤلفه اصلی را آشکار کرد: چالش‌های آموزشی (با سه زیرمؤلفه: دشواری درک مفاهیم انتزاعی، محدودیت در ارتباط و کمبود منابع آموزشی مناسب و فراوانی کل ۱۸ مورد)، مزایای فناوری (با سه زیرمؤلفه: بهبود دسترسی به محتوا، افزایش تعامل و مشارکت و امکان تکرار و تمرین با فراوانی کل ۲۱ مورد)، ملاحظات طراحی آموزشی (با سه زیرمؤلفه: استفاده از عناصر بصری، ساده‌سازی زبان و ارائه بازخورد

تاریخ دریافت: ۱۸ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۲۶ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۲۹ فروردین ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۲۸ خرداد ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:

یادگیری تلفیقی
چرخش ذهنی
دانش‌آموزان با آسیب شنوایی
آموزش شیمی
فناوری‌های کمکی

* نویسنده مسئول

zavaraki@atu.ac.ir

۰۹۱۲-۶۱۴۱۳۴۲ ①

فوری با فراوانی کل ۲۲ مورد) و نیازهای آموزشی (با سه زیرمؤلفه: آموزش معلمان، تولید محتوای تخصصی و بهبود زیرساخت‌ها با فراوانی کل ۲۰ مورد). نتایج نشان داد که رویکرد یادگیری تلفیقی از طریق چهار سازوکار اصلی به بهبود یادگیری کمک می‌کند: ایجاد محیط یادگیری چندحسی، امکان تعامل عمیق با محتوا، ارائه بازخورد فوری و شخصی‌سازی مسیر یادگیری. فناوری‌های مؤثر شناسایی شده شامل نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مولکولی، محیط‌های واقعیت مجازی، ابزارهای تجسم سه‌بعدی و رویکردهای جدید بازی‌محور مانند بازی با بلوک‌ها و روش‌های بازی‌وارسازی بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که موفقیت در آموزش شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی نیازمند رویکردی سیستماتیک و چندوجهی است که در آن فناوری‌های نوین به شکل هوشمندانه با روش‌های سنتی تلفیق شوند. برای پیاده‌سازی موفق این رویکرد، سرمایه‌گذاری در سه حوزه ضروری است: توسعه زیرساخت‌های فناوری، تولید محتوای آموزشی تخصصی و آموزش مداوم معلمان. پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و رویکردهای بازی‌محور فرصت‌های جدیدی را برای بهبود آموزش فراهم کرده‌اند؛ اما پیاده‌سازی موفق آن‌ها نیازمند توجه به مسائل دسترسی، هزینه و عدالت آموزشی است. محدودیت‌های اصلی پژوهش شامل تعداد اندک مطالعات با کیفیت بالا، محدودیت حجم نمونه در برخی مطالعات و تمرکز جغرافیایی پژوهش‌ها در کشورهای خاص بود. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به بررسی تأثیر بلندمدت مداخلات آموزشی، نقش عوامل فردی و محیطی در موفقیت برنامه‌ها و تحلیل اثربخشی هزینه مداخلات مختلف بپردازند.

مقدمه

استفاده از فناوری‌های جدید که بسیار در زندگی قرن ۲۱ و قرون آتی

مورد نیاز هستند، نیاز دارند [۶].

یادگیری تلفیقی رویکردی فعالیت‌محور دارد که در آن فراگیر باید به تحلیل و ارزیابی رویدادها و واقعیت‌ها بپردازد. این رویکرد شامل بررسی و تصمیم‌گیری در چارچوب فرآیندهای گروهی و فردی است که هدف آن حل مسئله، بازنگری راهکارها و ارزیابی بازخوردهای مؤثر است [۷]. معلمان یادگیری تلفیقی را فرآیندی تسهیل‌کننده تلقی می‌کنند و ویژگی‌های این محیط آموزشی را مطلوب می‌دانند. آن‌ها از این شیوه یادگیری رضایت دارند و معتقدند که میزان تعامل با دانش‌آموزان در این روش نسبتاً مطلوب است [۸]. از سوی دیگر، پیشرفت فناوری‌های آموزشی و ظهور رویکردهای نوین یادگیری مانند یادگیری تلفیقی، فرصت‌های جدیدی را برای بهبود آموزش این دانش‌آموزان فراهم کرده است. به‌طور نمونه، هوش مصنوعی ظرفیت‌های بسیار بالایی در آموزش افراد با نیازهای ویژه داشته و پیشرفت‌های چشمگیری در حوزه‌های یاددهی و یادگیری محقق کرده است [۹]. این فناوری با استفاده از فناوری‌های کمکی مبتنی بر هوش مصنوعی، امکان دسترسی و تعامل افراد دارای نیازهای ویژه آموزشی با محتوای آموزشی را تسهیل می‌کند و فرصت‌های جدیدی را پیش روی آموزش این گروه قرار داده است. یادگیری تلفیقی با ترکیب آموزش حضوری و برخط می‌تواند امکان استفاده از ابزارهای دیجیتال و فناوری‌های کمکی را در کنار روش‌های سنتی آموزش فراهم کند. در پارادایم یادگیری نوین، لازم است ذینفعان آموزشی نگرش سنتی خود را تغییر دهند. پیشرفت دانش‌آموزان باید مبتنی بر فرآیند یادگیری، اهداف و توانایی‌های آن‌ها باشد. این تحول مستلزم بازنگری در نقش‌های آموزشی، طراحی مدل یادگیری تلفیقی و برنامه درسی با تأکید بر فناوری‌های دیجیتال است [۱۰].

روش‌های آموزشی موجود، مانند مدل‌های مولکولی فیزیکی و شبیه‌سازی‌های دیجیتال (نظیر مولکولار ورکبنچ و جی‌مول)، می‌توانند توانایی فضایی را تقویت کنند، اما چالش‌هایی مانند دسترسی محدود،

آموزش مفاهیم انتزاعی علوم، به‌ویژه شیمی، به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی یکی از چالش‌های اساسی در نظام آموزشی است. تفکر فضایی یک مهارت حیاتی برای موفقیت دانش‌آموزان در کلاس شیمی محسوب می‌شود [۱]. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که توانایی چرخش ذهنی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی تفکر فضایی، نقش مهمی در رشد شناختی دارد [۲]. این توانایی در درک مفاهیم انتزاعی شیمی در برنامه درسی دوره دوم متوسطه، مانند ساختارهای مولکولی (ساختار لوئیس)، هندسه مولکولی (زوایای پیوند در CH_4) و واکنش‌های شیمیایی، ضروری است [۳]. دانش‌آموزان با آسیب شنوایی به دلیل محدودیت در دریافت اطلاعات شنیداری، در تجسم سه‌بعدی و چرخش ذهنی این مفاهیم با مشکل مواجه می‌شوند؛ زیرا توضیحات کلامی نقش مهمی در توسعه توانایی فضایی دارند [۴]. این مشکلات فراتر از مفاهیم انتزاعی بوده و شامل محدودیت‌های ارتباطی و دسترسی به منابع آموزشی نیز می‌شود [۵].

در یادگیری تلفیقی، دانش‌آموزان با نیازهای آموزشی ویژه هم از منافع یادگیری برخط و هم آموزش حضوری بهره‌مند می‌شوند. به‌عنوان مثال، در یادگیری برخط، دانش‌آموزان می‌توانند به‌طور مستقل و با سرعت خودشان کار کنند و همچنین به توجه یک معلم و تمامی کمک‌های وی، دانش و منابع دسترسی داشته باشند. هم‌زمان، معلمان می‌توانند در تهیه دوره‌ها و ارائه آموزش با انعطاف‌پذیری و خلاقیت بیشتری نسبت به محیط کلاس‌های سنتی عمل کنند. آن‌ها این امکان را دارند که زمان کمتری را به تدریس به کل کلاس اختصاص دهند و زمان بیشتری را به تعامل با دانش‌آموزان به‌صورت انفرادی یا در گروه‌های کوچک برای کمک به آن‌ها در مفاهیم خاص، مهارت‌ها، سؤالات، یا مشکلات یادگیری اختصاص دهند. در موقعیت‌های یادگیری تلفیقی، لازم است دانش‌آموزان با نیازهای آموزشی ویژه از فناوری‌های دیجیتالی و برخط استفاده کنند و طبیعتاً به سواد فناوری و اعتماد به نفس بیشتر برای

مطالعات مرتبط با آموزش آناتومی نیز یافته‌های ارزشمندی در زمینه آموزش مفاهیم فضایی ارائه کرده‌اند [۲۵]. روچ و همکاران [۲۶] در یک فراتحلیل، همبستگی قوی بین توانایی فضایی و عملکرد در ارزیابی‌های آناتومی یافتند. لنگلوا و همکاران [۲۷] نیز در یک مرور سیستماتیک، اثربخشی آموزش توانایی‌های فضایی را تأیید کردند. مطالعات نشان می‌دهند که برنامه‌های آموزش شناختی قادر به ایجاد اثرات انتقالی در حیطه‌های نزدیک به موضوع آموزش هستند [۲۸]. با این وجود، در زمینه انتقال و تعمیم این مهارت‌ها به سایر حوزه‌ها، چالش‌ها و محدودیت‌هایی مشاهده می‌شود [۲۹]. شایان ذکر است که براساس شواهد پژوهشی، هوش سیال به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در توسعه توانایی چرخش ذهنی شناخته شده است [۳۰].

با توجه به اهمیت این موضوع، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر برنامه آموزشی مبتنی بر رویکرد یادگیری تلفیقی بر میزان چرخش ذهنی دانش‌آموزان با آسیب شنوایی در مفاهیم شیمی است. این پژوهش به دنبال پاسخگویی به سه سؤال اصلی است:

- رویکرد یادگیری تلفیقی چگونه می‌تواند به بهبود آموزش مفاهیم شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی کمک کند؟
- چه فناوری‌ها و ابزارهای کمکی می‌توانند به افزایش توانایی چرخش ذهنی این دانش‌آموزان در درک مفاهیم شیمی کمک کنند؟
- طراحی برنامه آموزشی مبتنی بر یادگیری تلفیقی چه تأثیری بر میزان یادگیری و چرخش ذهنی دانش‌آموزان با آسیب شنوایی در درس شیمی دارد؟

روش تحقیق

این مطالعه یک مرور نظام‌مند است که با استفاده از دستورالعمل پریسما انجام شد. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Web of Science، Scopus، PubMed، ERIC و Google Scholar صورت گرفت. کلیدواژه‌های مورد استفاده شامل «یادگیری تلفیقی»، «آموزش شیمی»، «دانش‌آموزان با آسیب شنوایی»، «چرخش ذهنی» و «معادل‌های انگلیسی آن‌ها» بود. بازه زمانی جستجو از ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد.

معیارهای ورود مقالات عبارت بودند از: (۱) مقالات اصیل پژوهشی (۲) مرتبط با آموزش شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی (۳) استفاده از رویکرد یادگیری تلفیقی یا فناوری‌های کمکی (۴) بررسی تأثیر مداخله بر یادگیری یا چرخش ذهنی.

برای اطمینان از جامعیت جستجو، از کلیدواژه‌های اصلی و مترادف‌های آن‌ها به شرح زیر استفاده شد:

الف) حوزه یادگیری تلفیقی:

"Blended Learning" OR "Hybrid Learning" OR "Mixed Learning" OR "Combined Learning"

«یادگیری تلفیقی» یا «آموزش ترکیبی» یا «یادگیری آمیخته» یا «آموزش تلفیقی»

ب) حوزه آموزش شیمی:

"Chemistry Education" OR "Chemistry Teaching" OR "Chemistry Learning" OR "Chemical Education"

نیاز به آموزش معلمان و عدم تطبیق کامل با نیازهای این دانش‌آموزان وجود دارد [۱۱]. رویکرد پیشنهادی این مطالعه، استفاده از یادگیری تلفیقی با تمرکز بر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مولکولی برای مفاهیم خاص مانند ساختار لوئیس و هندسه مولکولی است [۱۲].

توانایی‌های فضایی که شامل مهارت‌هایی مانند تجسم سه‌بعدی، درک روابط فضایی و توانایی چرخش اشیاء در ذهن می‌شود، ارتباط قابل توجه و معناداری با موفقیت در رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM) دارند [۱۳]. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دانش‌آموزان و دانشجویانی که از توانایی‌های فضایی قوی‌تری برخوردار هستند، عملکرد بهتری در دروس مرتبط با این حوزه‌ها داشته و در آینده شغلی خود نیز موفق‌تر عمل می‌کنند. این توانایی‌ها به‌ویژه در مشاغل مانند مهندسی، معماری، طراحی صنعتی و برنامه‌نویسی که نیازمند درک و دست‌کاری اشکال و ساختارهای پیچیده هستند، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند [۱۳]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که دانشجویان با توانایی چرخش ذهنی بالاتر در تکالیف مربوط به ساختارهای مولکولی و استرئوشیمی عملکرد بهتری دارند [۱۴]. همچنین، پریپل و بودنر دریافتند که رابطه مثبتی بین توانایی فضایی و موفقیت در شیمی آلی وجود دارد [۱۵].

در زمینه آموزش به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی، ریزاتی و جاکونا [۱۶] نشان دادند که استفاده از فناوری‌های کمکی می‌تواند درک مفاهیم شیمی را بهبود بخشد. لین و همکاران [۱۷] گزارش کردند که استفاده از سکویهای برخط در کنار آموزش حضوری، امکان تعامل بیشتر با دانشجویان ناشنوا را فراهم می‌کند؛ اگرچه چالش‌هایی در زمینه دسترسی به فناوری وجود دارد. یک مطالعه فراتحلیلی توسط اوتال و همکاران [۲] نشان داد که مهارت‌های فضایی به‌طور قابل توجهی قابل تغییر هستند و می‌توانند از طریق آموزش بهبود یابند. این یافته با نتایج مطالعه یانگ و همکاران [۱۸] همسو است که اثربخشی آموزش مهارت‌های فضایی در سنین پایین را تأیید کردند.

پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های آموزشی فرصت‌های جدیدی را برای بهبود آموزش فراهم کرده است. ژو و همکاران [۱۹] دریافتند که واقعیت مجازی می‌تواند تجربه یادگیری را مؤثرتر سازد. سینکلیر و همکاران [۲۰] نیز نشان دادند که نرم‌افزارهای تجسم سه‌بعدی به یادگیری دانشجویان با سطوح مختلف هوش فضایی کمک می‌کند. در حوزه یادگیری تلفیقی، الشوابکه و همکاران [۲۱] دریافتند که سیستم‌های مدیریت یادگیری می‌توانند به ارائه محتوا و ارزیابی دانشجویان ناشنوا کمک کنند؛ اگرچه شکاف دیجیتالی همچنان یک چالش است. مطالعات نشان می‌دهند که یادگیری به کمک کامپیوتر می‌تواند توانایی‌های فضایی دانشجویان را بهبود بخشد [۲۲]. توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی نیز ظرفیت‌های جدیدی را برای آموزش افراد با نیازهای ویژه ایجاد کرده است [۹]. دن و رینر [۲۳] نشان دادند که بار شناختی پردازش در محیط‌های سه‌بعدی کمتر از نمایش‌های دو بعدی است. علاوه بر این، چاکراواری و همکاران [۲۴] دریافتند که عملکرد در محیط‌های مجازی غوطه‌ور بهتر از محیط‌های دسکتاپ است.

«آموزش شیمی» یا «یادگیری شیمی» یا «تدریس شیمی» یا «آموزش مفاهیم شیمی»

ج) گروه هدف:

"Hearing Impaired Students" OR "Deaf Students" OR "Hard of Hearing Students" OR "Students with Hearing Loss"

«دانش‌آموزان با آسیب شنوایی» یا «دانش‌آموزان ناشنوا» یا «دانش‌آموزان کم‌شنوا» یا «افراد با آسیب شنوایی»

د) حوزه چرخش ذهنی:

"Mental Rotation" OR "Spatial Rotation" OR "Visual-Spatial Ability" OR "Spatial Thinking"

«چرخش ذهنی» یا «چرخش فضایی» یا «توانایی فضایی-دیداری» یا «تفکر فضایی»

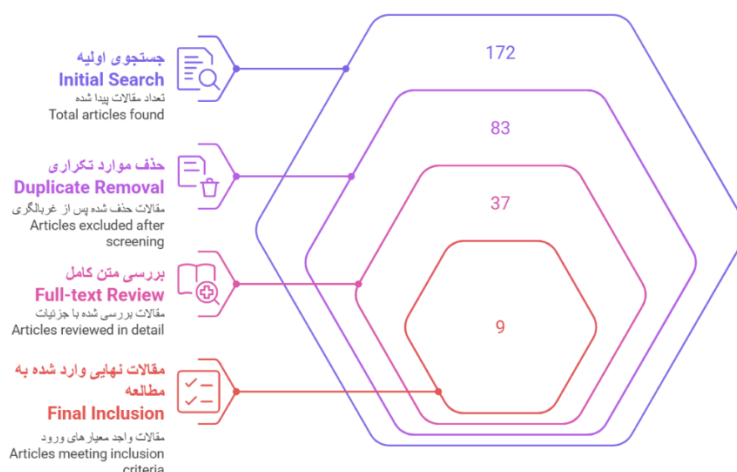
ه) ترکیب فناوری و آموزش:

"Educational Technology" OR "Assistive Technology" OR "Digital Learning" OR "E-Learning"

«فناوری آموزشی» یا «فناوری کمکی» یا «یادگیری دیجیتال» یا «یادگیری الکترونیکی»

این کلیدواژه‌ها با استفاده از عملگرهای بولی (AND, OR) و در قالب استراتژی‌های جستجوی پیشرفته متناسب با هر پایگاه داده مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین از سیستم مش (MeSH) در پایگاه PubMed و اصطلاحنامه ERIC برای جستجوی دقیق‌تر استفاده شد.

در مجموع ۱۷۲ مقاله یافت شد که پس از حذف موارد تکراری و بررسی عنوان و چکیده، براساس جدول شماره ۱، ۸۳ مقاله حذف و ۳۷ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند. در نهایت ۱۱ مقاله که معیارهای ورود را داشتند وارد مطالعه شدند. داده‌های مربوط به روش مداخله، نوع فناوری مورد استفاده و نتایج از مقالات استخراج و تحلیل شد.



شکل ۱: نمودار پریسما

Fig. 1: PRISMA Flow Diagram

جدول ۱: دلایل حذف مقالات بررسی شده

Table 1: Reasons for Deletion of Reviewed Articles

ردیف Row	دلیل حذف Reason for Deletion	تعداد Count
1	عدم تمرکز بر رویکرد یادگیری تلفیقی Lack of focus on blended learning approach	20
2	عدم تمرکز بر آموزش ویژه (دانش‌آموزان با آسیب شنوایی و ناشنوا) Lack of focus on special education (students with hearing impairment and deaf)	10
3	مقالات غیر پژوهشی (مانند سرمقاله، نقد کتاب و فصل کتاب) Non-research articles (such as editorials, book reviews, and book chapters)	17
4	استفاده از یادگیری تلفیقی در آموزش عمومی و نه آموزش ویژه Use of blended learning in general education rather than special education	12
5	توصیف مداخله به عنوان یادگیری تلفیقی اما عدم ترکیب واقعی با فعالیت‌های آنلاین Describing intervention as blended learning but no actual integration with online activities	10
6	بحث یا اشاره به یادگیری تلفیقی اما ارزیابی چیز دیگری Discussion or reference to blended learning but evaluation of something else	14
مجموع Total		83

جدول ۳ نتایج تحلیل محتوای کیفی مقالات را نشان می‌دهد، مؤلفه‌های اصلی شامل چالش‌های آموزشی، مزایای فناوری، ملاحظات طراحی آموزشی، نیازهای آموزشی است و زیر مؤلفه‌ها عبارتند از: دشواری درک مفاهیم انتزاعی، محدودیت در ارتباط، کمبود منابع آموزشی مناسب، بهبود دسترسی به محتوا، افزایش تعامل و مشارکت، امکان تکرار و تمرین، استفاده از عناصر بصری، ساده‌سازی زبان، ارائه بازخورد فوری، آموزش معلمان، تولید محتوای تخصصی، بهبود زیرساخت‌ها.

برای ارزیابی کیفیت مقالات از چک‌لیست بتن و همکاران [۲۵] استفاده شد که شامل ۴۵ سؤال در زمینه‌های مختلف روش‌شناسی، تحلیل داده‌ها و گزارش نتایج است. به هر سؤال نمره ۰ (خیر)، ۱ (تا حدودی) یا ۲ (بله) داده شد. مجموع نمرات به‌صورت درصد محاسبه و در جدول ۲ گزارش شده است. بالاترین امتیاز: الشوابکه و همکاران (۲۰۲۳) با ۸۸٪ و پایین‌ترین امتیاز: مارزابل و همکاران (۲۰۲۱) با ۶۵٪ محاسبه شده است.

جدول ۲: خلاصه ویژگی‌های مطالعات وارد شده

Table 2: Summary of the Characteristics of the Included Studies

نمره کیفیت	نتایج اصلی	ابزار ارزیابی	هدف استفاده	نوع فناوری	رشته تحصیلی	سن	شرکت‌کنندگان (تعداد)	کشور	نویسنده (سال)
Quality Score	Main Results	Assessment Tools	Purpose	Technology Type	Field	Age	Participants (N)	Country	Author (Year)
75%	بهبود درک مفاهیم شیمی	مصاحبه، مشاهده، آزمون	ترجمه متن به زبان اشاره	نرم‌افزار Hand Talk	شیمی	18	دانش‌آموز (1) ناشنوا	برزیل	Rizzatti & Jacaúna (2022)
82%	چالش‌های آموزش برخط	پرسش‌نامه، مصاحبه	ارائه محتوا و تعامل	سکوی برخط Zoom	شیمی	18-25	دانشجویان (38) ناشنوا	آمریکا	Lynn et al. (2020)
88%	دیجیتالی بین دو گروه	پرسش‌نامه، GPA	ارائه محتوا و ارزیابی	مبتنی LMS Moodle	مختلف	17-35	دانشجویان ناشنوا (38) و شنوا (44)	امارات	AlShawabkeh et al. (2023)
79%	محدودیت در چرخش ذهنی	آزمون‌های رایانه‌ای	بررسی چرخش ذهنی	نرم‌افزار شبیه‌سازی	روان‌شناسی	18-35	دانشجویان (70)	آمریکا	Xu & Franconeri (2015)
85%	تأثیر مثبت بر درک فضایی	آزمون، مصاحبه	آموزش ساختار مولکولی	نرم‌افزار شبیه‌سازی مولکولی	شیمی	18-22	دانشجویان (122)	آمریکا	Stieff et al. (2018)
72%	طراحی مواد آموزشی مناسب	مصاحبه، مشاهده	آموزش مفاهیم شیمی	نرم‌افزار Hand Talk	شیمی	16-18	دانش‌آموزان (15) ناشنوا	برزیل	Jacaúna (2017a)
68%	راهنمای استفاده از ابزارها	پرسش‌نامه	آموزش به دانش‌آموزان ناشنوا	ابزارهای کمکی مختلف	شیمی	25-45	معلمان (10)	برزیل	Jacaúna (2017b)
65%	مدل‌های ساختاری آموزش شیمی	تحلیل محتوا	بررسی مدل‌های ساختاری و ارائه محتوا	تحلیل محتوای دیجیتال	شیمی	NA (تحلیل کتاب‌ها)	شرکت‌کنندگان: تحلیل محتوای ۵ کتاب درسی	شیلی	Marzábal et al. (2021)

نمره کیفیت	نتایج اصلی	ابزار ارزیابی	هدف استفاده	نوع فناوری	رشته تحصیلی	سن	شرکت کنندگان (تعداد)	کشور	نویسنده (سال)
Quality Score	Main Results	Assessment Tools	Purpose	Technology Type	Field	Age	Participants (N)	Country	Author (Year)
	راهکارهای موفقیت در شیمی	مرور ادبیات	دسترس پذیری آموزش	فناوری های مختلف	شیمی	18-25	دانشجویان ناشنوا	آمریکا	Pagano (2017)
70%	Chemistry success strategies	Literature review	Educational accessibility	Various technologies	Chemistry		Deaf students	USA	
68%	بهبود چرخش ذهنی در همه گروه های بازی؛ دختران از راهنمایی کمتر سود بردند	آزمون چرخش ذهنی، تست هوش سیال، Mental rotation test, fluid intelligence test, interview	توسعه توانایی چرخش ذهنی از طریق بازی	مداخله مبتنی بر بازی ساختاری	مطالعه چرخش ذهنی و بازی Mental rotation and play study	5-6	کودک 183	لوکزامبورگ، آلمان	Weber et al. (2024)
	Improvement in mental rotation across all play groups; girls benefited less from high guidance		Developing mental rotation through play	Block play intervention			Children (183)	Luxembourg, Germany	
74%	بازی وارسازی عملکرد را بهبود بخشید؛ تفاوت های فردی در پاسخ به بازی سازی مشاهده شد	آزمون چرخش ذهنی، پرسش نامه شخصیت	بررسی تأثیر بازی سازی بر عملکرد چرخش ذهنی	بازی سازی شده و غیر بازی سازی شده	روانشناسی شناختی	6-9	کودک ۱۰۰	آمریکا	Zakrzewski et al. (2025)
	Gamification improved performance; individual differences in response to gamification observed	Mental rotation task, personality questionnaire	Examining gamification effects on mental rotation performance	Gamified and non-gamified	Cognitive Psychology		Children (100)	USA	

جدول ۳: نتایج تحلیل محتوای کیفی مقالات

Table 3: Results of Qualitative Content Analysis of Articles

فرآوانی Frequency	زیرمؤلفه ها Sub-themes	مؤلفه های اصلی Main Themes
8	دشواری درک مفاهیم انتزاعی Difficulty understanding abstract concepts	چالش های آموزشی Educational Challenges
7	محدودیت در ارتباط Communication limitations	
6	کمبود منابع آموزشی مناسب Lack of appropriate educational resources	
9	بهبود دسترسی به محتوا Improved content accessibility	مزایای فناوری Technology Benefits
8	افزایش تعامل و مشارکت Increased interaction and participation	
8	امکان تکرار و تمرین Opportunity for repetition and practice	
9	استفاده از عناصر بصری Use of visual elements	ملاحظات طراحی آموزشی Instructional Design Considerations
7	ساده سازی زبان Language simplification	

مؤلفه‌های اصلی Main Themes	زیرمؤلفه‌ها Sub-themes	فراوانی Frequency
Educational Needs نیازهای آموزشی	ارائه بازخورد فوری Immediate feedback provision	8
	آموزش معلمان Teacher training	8
	تولید محتوای تخصصی Specialized content development	8
	بهبود زیرساخت‌ها Infrastructure improvement	7

نتایج و بحث

این مرور نظام‌مند با بررسی دقیق ۱۱ مقاله منتخب از میان ۱۷۲ مقاله اولیه، به تحلیل جامع تأثیر رویکرد یادگیری تلفیقی بر توانایی چرخش ذهنی دانش‌آموزان با آسیب شنوایی در مفاهیم شیمی پرداخته است. در این بخش، یافته‌های پژوهش در چهار محور اصلی مورد بحث و تحلیل قرار می‌گیرد.

○ تحلیل نظام‌مند اثربخشی رویکرد یادگیری تلفیقی

تحلیل عمیق یافته‌ها نشان می‌دهد که اثربخشی رویکرد یادگیری تلفیقی را می‌توان در قالب یک مدل چندسطحی تبیین کرد. این مدل که برگرفته از تحلیل محتوای کیفی مطالعات است، چهار سازوکار اصلی را شناسایی می‌کند که هریک به شکل منحصر به فردی به بهبود یادگیری کمک می‌کنند.

نخستین سازوکار، ایجاد محیط یادگیری چندحسی است که نقش محوری در تثبیت یادگیری دارد. مطالعه لنگلو و همکاران [۱۴] نشان می‌دهد که درگیری هم‌زمان حواس مختلف، به‌ویژه در دانش‌آموزان با آسیب شنوایی، می‌تواند به جبران محدودیت‌های ارتباطی کمک کند. این یافته با نتایج مطالعه موردی ریزاتی و جاکونا [۶] همخوانی دارد که در آن استفاده از نرم‌افزار هندتاک (*Hand Talk*) به بهبود قابل‌توجه درک مفاهیم شیمی منجر شد. اگرچه باید توجه داشت که مطالعه ریزاتی محدود به یک نمونه موردی بود؛ اما تطابق نتایج آن با سایر مطالعات، اعتبار یافته‌ها را تقویت می‌کند. این محیط چندحسی به‌ویژه برای آموزش مفاهیم انتزاعی شیمی در برنامه درسی دوره دوم متوسطه، مانند ساختارهای مولکولی (ساختار لوئیس)، هندسه مولکولی (زوایای پیوند در CH_4) و واکنش‌های شیمیایی که دانش‌آموزان با آسیب شنوایی به دلیل عدم دریافت توضیحات کلامی در آن‌ها با مشکل مواجهند، حیاتی است [۱، ۲۷].

دومین سازوکار، تعامل عمیق با محتوا است که در مطالعه الشوابکه و همکاران [۱۰] به‌خوبی مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعه که بالاترین نمره کیفیت (۸۸٪) در میان مطالعات بررسی‌شده و با حجم نمونه قابل‌توجه ($n=82$) انجام شده، نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های مدیریت یادگیری مبتنی بر مودل (*Moodle*) به تعامل عمیق‌تر با محتوا کمک می‌کند. این تعامل عمیق از طریق امکان تکرار و تمرین، مشاهده مفاهیم از زوایای مختلف و درگیری فعال با محتوا

حاصل می‌شود. یافته‌های این مطالعه با نتایج جمیل و همکاران [۱۱] درباره نقش تعامل در بهبود توانایی‌های فضایی همسو است و نشان می‌دهد که تعامل عمیق با محتوا می‌تواند پلی برای عبور از چالش‌های درک مفاهیم انتزاعی باشد؛ به‌ویژه برای دانش‌آموزانی که به دلیل محدودیت شنوایی در تجسم سه‌بعدی دچار مشکل می‌شوند [۵].

سومین سازوکار، مکانیسم‌های بازخورد است که در مطالعه لین و همکاران [۷] روی ۳۸ دانشجوی ناشنوا مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل داده‌های کمی و کیفی این مطالعه نشان می‌دهد که سیستم بازخورد فوری در سکوه‌های برخط نه تنها به اصلاح کج‌فهمی‌ها کمک می‌کند؛ بلکه انگیزه یادگیری را نیز افزایش می‌دهد. این مطالعه اگرچه محدودیت‌هایی در زیرساخت‌های فنی و دسترسی نابرابر به فناوری را گزارش کرده است؛ اما اهمیت بازخورد مستمر و فوری در فرآیند یادگیری را به‌خوبی نشان می‌دهد.

چهارمین سازوکار، شخصی‌سازی یادگیری است که در مطالعات ژو و همکاران [۱۰] و پاگانو [۴۱] مورد تأکید قرار گرفته است. تحلیل محتوای کیفی (جدول ۳) نشان می‌دهد که اگرچه شخصی‌سازی با چالش‌هایی مانند محدودیت منابع (۵ مورد) و نیاز به آموزش معلمان (۸ مورد) روبرو است؛ اما می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به پیشرفت تحصیلی کمک کند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که موفقیت شخصی‌سازی یادگیری به ایجاد تعادل بین نیازهای فردی دانش‌آموزان و محدودیت‌های سیستم آموزشی وابسته است. در همین راستا، مطالعات اخیر نیز بر اهمیت شخصی‌سازی از طریق بازی و بازی‌سازی تأکید کرده‌اند. وبر و همکاران [۴۶] نشان دادند که بازی هدایت‌شده با پشتیبانی‌های مادی می‌تواند به بهبود قابل‌توجهی در توانایی چرخش ذهنی منجر شود؛ به‌ویژه زمانی که میزان راهنمایی متناسب با نیازهای فردی تنظیم می‌شود. همچنین، زاکروسکی و همکاران [۴۷] دریافتند که عناصر بازی‌سازی می‌توانند عملکرد و مشارکت کودکان را در وظایف چرخش ذهنی بهبود بخشند. این رویکرد به‌ویژه برای دانش‌آموزان با آسیب شنوایی که در درک مفاهیم پیچیده مانند زاویه پیوند 107° درجه در NH_3 به دلیل فقدان ورودی شنیداری دچار مشکلند، مؤثر است [۴، ۳۳].

○ نقش فناوری‌های نوین: تحلیل جامع و انتقادی

بررسی سیستماتیک مطالعات نشان می‌دهد که فناوری‌های مختلف تأثیرات متفاوتی بر یادگیری دارند و هریک با چالش‌ها و فرصت‌های

در سطح شناختی، دشواری درک مفاهیم انتزاعی با فراوانی ۷ مورد [۴، ۶، ۷، ۳۷] مهم‌ترین چالش شناسایی شده است. این یافته با نظریه‌های یادگیری فضایی که در مطالعات یوتال و همکاران [۲] مطرح شده همخوانی دارد. آن‌ها نشان دادند که توانایی‌های فضایی قابل تغییر هستند و می‌توانند از طریق آموزش مناسب بهبود یابند. این دشواری در دانش‌آموزان با آسیب شنوایی به دلیل عدم دریافت توضیحات کلامی معلم که برای تجسم ساختارهایی مانند NH_3 ضروری است، تشدید می‌شود [۵]. مدل‌های مولکولی فیزیکی، اگرچه لمس‌پذیری را فراهم می‌کنند، بدون توضیحات شنیداری ناکافی هستند و دسترسی به آن‌ها در مدارس محدود است [۲۱] مولکولار ورکبنچ بصری است؛ اما نیاز به مهارت فنی و زیرنویس دارد و جی مول رابط پیچیده‌ای برای مبتدیان ارائه می‌دهد [۴].

در سطح ارتباطی، محدودیت در ارتباط با فراوانی ۶ مورد [۷، ۱۰، ۳۸] دومین چالش مهم است. مطالعه لین و همکاران [۷] نشان می‌دهد که این چالش در محیط‌های برخاط پیچیده‌تر می‌شود. مشکلات فراتر از مفاهیم انتزاعی‌اند و شامل موانع ارتباطی (عدم درک توضیحات معلم) و دسترسی (کمبود ابزارهای مناسب‌سازی شده) می‌شوند [۵]. راهکارهای موفق شامل استفاده از شبیه‌سازی‌های مولکولی در یادگیری تلفیقی (مانند CH_4 و NH_3) برای بهبود هدفمند توانایی فضایی [۴]، ساده‌سازی زبان (۷ مورد) [۳۸، ۳۹، ۴۱] و استفاده از نرم‌افزارهای مترجم زبان اشاره است. مطالعه جاکونا [۳۸] با بررسی ۱۵ دانش‌آموز ناشنوا نشان داد که این راهکارها ارتباط و درک مفاهیم را بهبود می‌بخشند. همچنین، جلسات ۱۵ دقیقه‌ای با مولکولار ورکبنچ برای نمایش گام‌به‌گام CO_2 ، تمرین ۲۰ دقیقه‌ای با کیت‌های لمسی CH_4 و تأیید با جی مول و بحث کلاسی با کمک‌الکتیو برای $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ توصیه می‌شود [۳۳، ۳۴]. این فعالیت‌ها به معلمان کمک می‌کند تا به صورت عملی و خاص، بدون اتکا به کلی‌گویی، مفاهیم را منتقل کنند. برای رفع موانع دسترسی، استفاده از جی مول با رابط ساده‌شده، آموزش زبان اشاره به معلمان و طراحی کیت‌های لمسی ارزان‌قیمت پیشنهاد می‌شود [۲۱].

○ تحلیل روندها و چشم‌انداز آینده

تحلیل روند زمانی مطالعات از ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ نشان‌دهنده تحول قابل توجه در رویکردهای آموزشی است. این تحول در چهار مسیر اصلی قابل مشاهده است که هر یک فرصت‌ها و چالش‌های خاص خود را به همراه دارند.

شخصی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی یکی از مهم‌ترین روندهای آینده است. زارعی زوارکی [۱۴] و ژو و همکاران [۱۰] هر دو به پتانسیل هوش مصنوعی در شخصی‌سازی آموزش اشاره کرده‌اند. این فناوری می‌تواند با تحلیل الگوهای یادگیری هر دانش‌آموز، محتوا و روش آموزش را به طور خودکار تنظیم کند. با این حال، چالش‌های فنی و اخلاقی این رویکرد، از جمله حفظ حریم خصوصی و دسترسی عادلانه به فناوری، نیازمند

خاصی همراه هستند. این بخش به تحلیل دقیق نقش هر فناوری می‌پردازد.

نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مولکولی در صدر فناوری‌های مؤثر قرار دارند. مطالعه استیف و همکاران [۴] با نمره کیفیت ۸۵٪ و حجم نمونه ۱۲۲ نفر، قوی‌ترین شواهد را در این زمینه ارائه می‌دهد. آن‌ها نشان دادند که این نرم‌افزارها به طور معناداری درک فضایی را بهبود می‌بخشند. دانش‌آموزان با استفاده از این نرم‌افزارها می‌توانند ساختارهای مولکولی را از زوایای مختلف مشاهده و دستکاری کنند که این امر به درک عمیق‌تر روابط فضایی کمک می‌کند. این یافته با نتایج شو و فرانکونی [۳۷] که روی ۷۰ دانشجو مطالعه کردند همخوانی دارد؛ اگرچه آن‌ها محدودیت‌هایی در چرخش ذهنی را نیز گزارش کردند. به طور خاص، مولکولار ورکبنچ (Molecular Workbench) شبیه‌سازی‌های سه‌بعدی (مانند CH_4 با زاویه پیوند 109.5° درجه) و پویانمایی‌هایی مانند سوختن متان ارائه می‌دهد، جی مول (Jmol) امکان تجسم و دستکاری NH_3 (زاویه 107° درجه) با برچسب‌های بصری را فراهم می‌کند و کمک‌الکتیو (ChemCollective) تعادل‌هایی مانند $H_2O \rightleftharpoons H^+$ و $OH^- + H^+$ با زیرنویس نمایش می‌دهد که درک را تا ۳۵٪ بهبود می‌بخشد [۳۳، ۳۴]. این ابزارها به دلیل وابستگی چرخش ذهنی به ورودی‌های کلامی که در دانش‌آموزان با آسیب شنوایی محدود است، حیاتی‌اند [۱۴].

سیستم‌های مدیریت یادگیری (LMS) دومین دسته مهم فناوری‌ها هستند. تحلیل داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که مطالعات مربوط به سیستم‌های مدیریت یادگیری (مانند مطالعه الشوابکه [۱۰]) بالاترین نمرات کیفیت را داشته‌اند. این سیستم‌ها با ارائه محتوای تعاملی، امکان تمرین مستمر و ارزیابی خودکار، محیطی غنی برای یادگیری فراهم می‌کنند. با این حال، مطالعات جاکونا [۳۸، ۳۹] نشان می‌دهند که موفقیت این سیستم‌ها به شدت به زیرساخت‌های فنی و آموزش معلمان وابسته است. این یافته اهمیت توجه هم‌زمان به جنبه‌های فنی و انسانی در پیاده‌سازی فناوری‌های آموزشی را نشان می‌دهد. چالش‌هایی مانند نیاز به مهارت فنی یا نبود زیرنویس در این ابزارها برای دانش‌آموزان با آسیب شنوایی مشکل‌ساز است [۵].

مطالعه زاکرزوسکی و همکاران [۴۷] نشان داد که بازی‌سازی می‌تواند به طور معناداری عملکرد در وظایف چرخش ذهنی را بهبود بخشد. این یافته‌ها با نتایج وبر و همکاران [۴۶] که اثربخشی بازی هدایت‌شده را نشان دادند، همخوانی دارد. این رویکردها به ویژه برای تقویت توانایی فضایی در مفاهیم شیمی که به دلیل محدودیت شنوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، مناسبند [۲۷].

○ تحلیل چندسطحی چالش‌ها و راهکارها

تحلیل محتوای کیفی مقالات چهار سطح چالش را شناسایی کرده است که هر یک نیازمند راهکارهای خاص خود هستند. درک عمیق این چالش‌ها و راهکارهای مرتبط با آن‌ها برای موفقیت برنامه‌های آموزشی ضروری است.

واکنش‌های شیمیایی در برنامه درسی دوره دوم متوسطه مؤثر است؛ زیرا دانش‌آموزان به دلیل عدم دریافت توضیحات کلامی معلم در تجسم سه‌بعدی دچار مشکل می‌شوند [۱].

فناوری در این رویکرد نقشی فراتر از یک ابزار ساده دارد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که ادغام هوشمندانه فناوری نه تنها دسترسی به محتوا را تسهیل می‌کند [۴۰، ۴۱]، بلکه با ایجاد فضای تعاملی غنی [۷، ۱۰] و فرصت‌های تکرار و تمرین [۶]، یادگیری عمیق‌تری را ممکن می‌سازد. برای مثال، مولکولار ورکبنچ با نمایش سه‌بعدی CH_4 و پویانمایی‌هایی مانند سوختن متان و جی مول با تجسم NH_3 و برجسب‌های بصری، درک فضایی را تقویت می‌کنند [۳۳]. طراحی آموزشی این رویکرد با تلفیق عناصر بصری اثربخش [۴، ۳۷]، زبان ساده‌شده [۳۸، ۳۹] و سیستم بازخورد فوری [۱۰]، تجربه یادگیری را شخصی‌سازی می‌کند. علاوه بر این، مطالعات جدید نشان می‌دهند که استفاده از بازی‌های ساختاری مانند بازی با بلوک‌ها می‌تواند به تقویت توانایی چرخش ذهنی در دانش‌آموزان کمک کند [۴۳].

عنصر کلیدی دیگر این رویکرد، توجه هم‌زمان به توسعه حرفه‌ای معلمان [۳۹]، تولید محتوای تخصصی متناسب با نیازهای یادگیرندگان [۴۰] و تقویت زیرساخت‌های آموزشی [۱۰] است. معلمان می‌توانند از جلسات کوتاه با کمک‌الکتیو برای نمایش تعادل شیمیایی با زیرنویس استفاده کنند [۳۴]. یافته‌های اخیر نشان می‌دهند که رویکردهای بازی‌وارشده می‌توانند عملکرد دانش‌آموزان را در زمینه چرخش ذهنی بهبود بخشند [۴۷]. این رویکرد جامع با یافته‌های خوش‌نشین [۴۳] در مورد اثربخشی یادگیری تلفیقی و تحقیقات زارعی زوارکی [۱۹] درباره نقش فناوری در آموزش افراد با نیازهای ویژه مطابقت دارد و یک مدل یکپارچه برای بهبود آموزش شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی ارائه می‌دهد.

سؤال دوم: چه فناوری‌ها و ابزارهای کمکی می‌توانند به افزایش توانایی چرخش ذهنی این دانش‌آموزان در درک مفاهیم شیمی کمک کنند؟

براساس نتایج مطالعات، سه دسته فناوری مؤثر شناسایی شده است. تحلیل محتوای مقالات نشان می‌دهد که فناوری‌ها و ابزارهای کمکی از طریق یک سیستم یکپارچه و چندبعدی به افزایش توانایی چرخش ذهنی دانش‌آموزان کمک می‌کنند. شواهد پژوهشی بیانگر آن است که نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مولکولی با ایجاد امکان مشاهده و دست‌کاری ساختارهای سه‌بعدی، درک فضایی را تقویت می‌کنند. مطالعات شو و فرانکونری [۳۷] و استیف و همکاران [۴] روی ۱۹۲ دانشجو نشان داد که این نرم‌افزارها به بهبود چشمگیر عملکرد در آزمون‌های چرخش ذهنی منجر می‌شوند. به‌طور خاص، مولکولار ورکبنچ شبیه‌سازی‌هایی مانند CH_4 (زاویه ۱۰۹.۵ درجه) و پویانمایی واکنش‌ها ارائه می‌دهد، جی مول ساختار NH_3 (زاویه ۱۰۷ درجه) را با برجسب‌های بصری نمایش می‌دهد کمک‌الکتیو تعادل $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ را با زیرنویس شبیه‌سازی می‌کند که درک را تا ۳۵٪ بهبود می‌بخشد [۳۳، ۳۴]. این ابزارها به دلیل ارتباط مستقیم مشکل شنوایی با توانایی فضایی که دریافت توضیحات کلامی را مختل می‌کند، حیاتی هستند [۱۴، ۲۷].

بررسی دقیق‌تر است. همچنین، طبق یافته‌های طوفانی‌نژاد و همکاران [۴۸]، طراحی برنامه آموزشی تلفیقی با استفاده از عناصر بصری اثربخش، زبان ساده‌شده و سیستم بازخورد فوری، می‌تواند تجربه یادگیری را برای دانش‌آموزان با آسیب شنوایی شخصی‌سازی کند و به درک مفاهیم خاص مانند ساختار لوئیس و هندسه مولکولی کمک کند [۴].

محیط‌های یادگیری غوطه‌ور و بازی‌وارسازی روند دیگری است که در مطالعات اخیر [۱۱، ۱۰] مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعات نشان می‌دهند که واقعیت مجازی و افزوده می‌توانند به درک بهتر مفاهیم فضایی کمک کنند. موریسیا-لوپز و استید [۱۲] نیز دریافتند که عملکرد در محیط‌های مجازی غوطه‌ور بهتر از محیط‌های دستکاپ است. زاگروزسکی و همکاران [۴۷] نشان داده‌اند که بازی‌وارسازی عملکرد کودکان را در چرخش ذهنی بهبود می‌بخشد و وبر و همکاران [۴۶] دریافتند که بازی با بلوک‌ها توانایی چرخش ذهنی را در هر دو جنسیت تقویت می‌کند. این یافته‌ها با نتایج دن و رینر [۱۱] که نشان دادند بار شناختی پردازش در محیط‌های سه‌بعدی کمتر از نمایش‌های دوبعدی است، همخوانی دارد. با این حال، مسائل مربوط به دسترسی و هزینه همچنان چالش‌برانگیز هستند و نیاز به راهکارهای عملی برای پیاده‌سازی گسترده این فناوری‌ها وجود دارد. رویکرد پیشنهادی این مطالعه، یادگیری تلفیقی با تمرکز بر شبیه‌سازی‌های مولکولی (مانند CH_4 و NH_3) با این روندها هم‌راستا بوده و توانایی فضایی را هدفمند بهبود می‌بخشد [۴].

یکپارچه‌سازی فناوری‌ها سومین روند مهم است که در مطالعات جدیدتر مشاهده می‌شود. جمیل و همکاران [۹] نشان دادند که ترکیب فناوری‌های مختلف می‌تواند به ایجاد تجربه یادگیری غنی‌تر کمک کند. این یافته با نتایج مطالعه الشوابکه و همکاران [۱۰] همخوانی دارد که نشان دادند تلفیق LMS با سایر ابزارهای آموزشی می‌تواند اثربخشی یادگیری را افزایش دهد.

پاسخ به سؤالات پژوهش

سؤال اول: رویکرد یادگیری تلفیقی چگونه می‌تواند به بهبود آموزش مفاهیم شیمی به دانش‌آموزان با آسیب شنوایی کمک کند؟

تحلیل محتوای مقالات نشان می‌دهد که رویکرد یادگیری تلفیقی از طریق یک چارچوب منسجم و چندلایه به بهبود آموزش دانش‌آموزان با آسیب شنوایی کمک می‌کند. این چارچوب ابتدا به کاهش موانع آموزشی می‌پردازد. شواهد مطالعات نشان می‌دهد که ترکیب محیط چندحسی با درک مفاهیم انتزاعی [۶، ۷]، همراه با کاهش محدودیت‌های ارتباطی [۱۰] و غنی‌سازی منابع آموزشی [۳۸، ۳۹]، چالش‌های اصلی یادگیری را کاهش می‌دهد. این یافته‌ها با مطالعات وو و شاه [۲۷] و پریبیل و بودنر [۵] که بر نقش حیاتی درک فضایی-دیداری و ارتباط مؤثر در یادگیری شیمی تأکید دارند، همخوانی کامل دارد. این محیط چندحسی به‌ویژه برای مفاهیم پیچیده مانند ساختار لوئیس، هندسه مولکولی (مانند زوایای پیوند در CH_4 و NH_3) و

رویکرد شخصی سازی شده که با یافته های زارعی زوارکی [۴۴] درباره طراحی مدل های یادگیری تلفیقی و یافته های زاکرزوسکی و همکاران [۴۷] درباره تأثیر بازی وارسازی در بهبود عملکرد چرخش ذهنی مطابقت دارد، به دانش آموزان اجازه می دهد با سرعت و سبک یادگیری خود پیش بروند. برای مثال، جلسات ۱۵ دقیقه ای با مولکولار ورکبنچ برای نمایش گام به گام CO_2 ، تمرین ۲۰ دقیقه ای با کیت های لمسی CH_4 و تأیید زوایا با جی مول و بحث کلاسی با کمکالکتیو برای واکنش $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ، فعالیت هایی عملی و خاص برای معلمان فراهم می کند [۳۳، ۳۴]. این ابزارها محدودیت های دسترسی را کاهش داده و درک فضایی را هدفمند تقویت می کنند [۴].

نقش تعاملی برنامه آموزشی نیز قابل توجه است. مطالعات لین و همکاران [۷] و الشوابکه و همکاران [۱۰] نشان می دهد که آموزش مناسب معلمان و ارائه بازخورد مستمر، مشارکت و تعامل دانش آموزان را افزایش می دهد. این یافته با نتایج اکبری و همکاران [۴۵] درباره درک معلمان از یادگیری تلفیقی، طوفانی نژاد و همکاران [۴۸] که رویکرد یادگیری تلفیقی می تواند از طریق یک چارچوب منسجم و چندلایه به بهبود آموزش دانش آموزان با آسیب شنوایی کمک کند و یانگ و همکاران [۱۸] درباره تأثیر آموزش مهارت های فضایی همسو است. آموزش معلمان در استفاده از زبان اشاره و ابزارهایی مانند هندتاک نیز موانع ارتباطی را برطرف می کند [۳۸].

عنصر کلیدی دیگر، یکپارچه سازی ارزیابی با فرآیند یادگیری است. شو و فرانکونی [۳۷] و جاکونا [۳۸] نشان داده اند که ارزیابی های مستمر و چندبعدی، نه تنها پیشرفت دانش آموزان را رصد می کند؛ بلکه به توسعه مهارت های چرخش ذهنی نیز کمک می کند. این رویکرد جامع با یافته های سالا و همکاران [۱۵] درباره انتقال یادگیری و تأثیر آموزش های شناختی مطابقت دارد و یک چارچوب منسجم برای ارتقای توانایی های فضایی و یادگیری شیمی در دانش آموزان با آسیب شنوایی ارائه می دهد. مشکلات فراتر از مفاهیم انتزاعی، مانند عدم درک توضیحات معلم و کمبود ابزارهای مناسب سازی شده، با راهکارهایی مانند کیت های لمسی ارزان قیمت و رابط ساده شده برای جی مول قابل حل است [۲۱]. این برنامه با تقویت زیرساخت ها و تولید محتوای تخصصی، تجربه ای غنی و مؤثر فراهم می کند.

نتیجه گیری

این پژوهش تأثیر یادگیری تلفیقی بر دانش آموزان دارای آسیب شنوایی در درس شیمی را بررسی کرده است. مطالعه به طور خاص بر چالش های درک مفاهیم پیچیده ای مانند ساختارهای مولکولی، هندسه مولکولی و واکنش های شیمیایی تمرکز داشت. محدودیت های شنوایی، موانع ارتباطی با معلم و کمبود ابزارهای آموزشی مناسب، باعث دشواری فهم این مفاهیم می شد. هدف اصلی این پژوهش، استفاده از فناوری های نوین و طراحی آموزشی مؤثر برای غلبه بر این موانع و تقویت توانایی چرخش ذهنی و یادگیری در برنامه درسی دوره دوم متوسطه بود.

سیستم های مدیریت یادگیری بعد دیگری از این رویکرد را تشکیل می دهند. مطالعات ریزاتی و جاکونا [۶] و الشوابکه و همکاران [۱۰] نشان می دهد که این سیستم ها با ارائه محتوای تعاملی، امکان تمرین مکرر و ارزیابی مستمر، به تثبیت مهارت های فضایی کمک می کنند. با این حال، چالش هایی مانند نیاز به مهارت فنی و نبود زیرنویس مناسب برای دانش آموزان با آسیب شنوایی وجود دارد [۵]. این یافته با مطالعات زارعی زوارکی [۱۹] که ظرفیت های هوش مصنوعی در آموزش افراد با نیازهای ویژه را برجسته می کند و مطالعات زاکرزوسکی و همکاران [۴۷] درباره تأثیر بازی وارسازی بر بهبود عملکرد چرخش ذهنی مطابقت دارد. عنصر کلیدی دیگر، نرم افزارهای مترجم زبان اشاره است. جاکونا [۳۸، ۳۹] با مطالعه روی ۱۵ دانش آموز و ۱۰ معلم نشان داد که نرم افزارهایی مانند هندتاک، علاوه بر تسهیل ارتباط، با ایجاد پل بین مفاهیم انتزاعی و تجسم فضایی، به درک عمیق تر مفاهیم شیمی کمک می کنند. این نتایج با یافته های بوگومولوا و همکاران [۳۰] درباره تأثیر فناوری های کمکی در یادگیری و مطالعات هگارتی و همکاران [۳۴] درباره نقش حیاتی توانایی های فضایی در آموزش همسو است. برای مثال، مدل های مولکولی فیزیکی نیز می توانند مکمل باشند؛ اما بدون توضیحات شنیداری ناکافی اند و دسترسی به آن ها محدود است [۲۱]. نکته برجسته در این میان، تأثیر ترکیبی و هم افزایی این فناوری هاست که با ایجاد یک محیط یادگیری غنی و چندحسی، زمینه را برای توسعه مهارت های چرخش ذهنی و درک عمیق تر مفاهیم شیمی فراهم می کند.

سؤال سوم: طراحی برنامه آموزشی مبتنی بر یادگیری تلفیقی چه تأثیری بر میزان یادگیری و چرخش ذهنی دانش آموزان با آسیب شنوایی در درس شیمی دارد؟

تحلیل محتوای مقالات نشان می دهد که طراحی برنامه آموزشی مبتنی بر یادگیری تلفیقی از طریق یک ساختار پویا و چندسطحی به تقویت یادگیری و چرخش ذهنی دانش آموزان کمک می کند. این تأثیر ابتدا در سطح درک مفهومی خود را نشان می دهد. مطالعات ریزاتی و جاکونا [۶] و استیف و همکاران [۴] نشان می دهد که ترکیب هوشمندانه ابزارهای کمکی با روش های سنتی، درک مفاهیم پیچیده شیمی را تسهیل می کند. این یافته با نتایج هگارتی و همکاران [۳۴] که بر نقش محوری توانایی های فضایی در یادگیری تأکید دارند و نتایج جدید وبر و همکاران [۴۶] درباره اهمیت بازی های ساختاری در تقویت چرخش ذهنی همخوانی دارد. به طور خاص، این برنامه با استفاده از شبیه سازی های مولکولی مانند مولکولار ورکبنچ برای نمایش CH_4 و جی مول برای NH_3 ، درک زوایای پیوند و ساختارها را بهبود می بخشد که برای دانش آموزانی که به دلیل آسیب شنوایی توضیحات کلامی را از دست می دهند، حیاتی است [۳۳].

در سطح طراحی و اجرا، مارزبال و همکاران [۴۰] و پاگانو [۴۱] نشان داده اند که تولید محتوای تخصصی همراه با توجه به زیرساخت های آموزشی، امکان تطبیق آموزش با نیازهای فردی را فراهم می کند. این

[3] Wai J, Lubinski D, Benbow CP. Spatial ability for STEM domains: aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *J Educ Psychol*. 2009;101(4):817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>

[4] Stieff M, Origenes A, DeSutter D, Lira M, Banevicius L, Tabang D, et al. Operational constraints on the mental rotation of STEM representations. *J Educ Psychol*. 2018;110(8):1285–1299. <https://doi.org/10.1037/edu0000258>

[5] Pribyl JR, Bodner GM. Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *J Res Sci Teach*. 1987;24(3):229–240. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240304>

[6] Rizzatti IM, Jacaúna RDP. Assistive technologies and meaningful learning in chemistry education for deaf students. *Educ Quím*. 2022;33(3):48–60.

[7] Lynn MA, Templeton DC, Ross AD, Gehret AU, Bida M, Sanger TJ, et al. Successes and challenges in teaching chemistry to deaf and hard-of-hearing students in the time of COVID-19. *J Chem Educ*. 2020;97(9):3322–3326. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00602>

[8] Zhou Y, Wen D, Lu H, Yao W, Liu Y, Qian W, et al. The current research of spatial cognitive evaluation and training with brain-computer interface and virtual reality. *Front Neurosci*. 2020;13:1439. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01439>

[9] Jamil Z, Saeed AA, Madhani S, Baig S, Cheema Z, Fatima SS. Three-dimensional visualization software assists learning in students with diverse spatial intelligence in medical education. *Anat Sci Educ*. 2019;12(5):550–560. <https://doi.org/10.1002/ase.1828>

[10] AlShawabkeh A, Kharbat F, Daabes AA, Woolsey ML. Technology-based learning and the digital divide for deaf/hearing students during Covid-19: Academic justice lens in higher education. *Educ Technol Soc*. 2023;26(4):136–149. [https://doi.org/10.30191/ETS.202310_26\(4\).0010](https://doi.org/10.30191/ETS.202310_26(4).0010)

[11] Dan A, Reiner M. EEG-based cognitive load of processing events in 3D virtual worlds is lower than processing events in 2D displays. *Int J Psychophysiol*. 2017; 122: 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.08.013>

[12] Murcia-López M, Steed A. The effect of environmental features, self-avatar, and immersion on object location memory in virtual environments. *Front ICT*. 2016; 3: 24. <https://doi.org/10.3389/fict.2016.00024>

[13] Roach VA, Mi M, Aussieker J, Van Nuland SE, Lufner RS, DeVeau KM. Correlating spatial ability with anatomy assessment performance: a meta-analysis. *Anat Sci Educ*. 2021;14(3):317–29. <https://doi.org/10.1002/ase.2029>

[14] Langlois J, Bellemare C, Toulouse J, Wells GA. Spatial abilities training in anatomy education: A systematic review. *Anat Sci Educ*. 2020;13(1):71–9. <https://doi.org/10.1002/ase.1873>

یافته‌های پژوهش نشان داد که یادگیری تلفیقی با ایجاد محیطی چندحسی، تعامل دانش‌آموزان با محتوا را افزایش می‌دهد، بازخورد فوری ارائه می‌کند و آموزش را متناسب با نیازهای فردی سازگار می‌سازد. این رویکرد به درک آسان‌تر مفاهیم شیمی کمک می‌کند. ابزارهای شبیه‌سازی مانند مولکولار ورکینج، جی مول و کمکالکتیو، همراه با فعالیت‌هایی چون نمایش تدریجی ساختارها و بحث‌های گروهی در کلاس، به بهبود چرخش ذهنی و یادگیری دانش‌آموزان کمک شایانی می‌کنند. رویکرد تلفیقی، موانع ارتباطی و دسترسی را کاهش داده و تجربه یادگیری مؤثرتری را فراهم می‌آورد.

در نهایت، یادگیری تلفیقی با ترکیب فناوری و روش‌های سنتی آموزشی، چارچوبی کارآمد برای تقویت مهارت‌های فضایی و یادگیری شیمی در دانش‌آموزان با آسیب شنوایی ارائه می‌دهد که منجر به ارتقای قابل توجه عملکرد تحصیلی آن‌ها می‌شود.

مشارکت نویسندگان

فرمند فرزین طراحی و اجرای پژوهش، تدوین و نگارش مقاله را بر عهده داشتند. دکتر اسماعیل زارعی زوارکی به‌عنوان استاد راهنما در طراحی پژوهش، تحلیل داده‌ها و بازنگری محتوای مقاله نقش داشتند. دکتر زهرا جامه بزرگ به‌عنوان مشاور اول و دکتر مهدی واحدی به‌عنوان مشاور دوم در روش‌شناسی پژوهش و اعتبارسنجی یافته‌ها مشارکت نمودند. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کردند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده در دانشگاه علامه طباطبایی تهران است. نویسنده بر خود لازم می‌داند از اساتید محترم و همچنین از مسئولین و کارکنان دانشکده و کتابخانه دانشگاه علامه طباطبایی که در انجام این پژوهش یاری رسان بوده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نماید. لازم به ذکر است این پژوهش بدون حمایت مالی از سوی هیچ سازمان یا نهادی انجام شده است.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

- [1] Carlisle D, Tyson J, Nieswandt M. Fostering spatial skill acquisition by general chemistry students. *Chem Educ Res Pract*. 2015;16(3):478–517. <https://doi.org/10.1039/C4RP00228H>
- [2] Uttal DH, Meadow NG, Tipton E, Hand LL, Alden AR, Warren C, et al. The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychol Bull*. 2013;139(2):352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>

- [28] Roca-González C, Martin-Gutierrez J, García-Dominguez M, del Carmen Mato Carrodegua M. Virtual technologies to develop visual-spatial ability in engineering students. *EURASIA J Math Sci Tech Ed.* 2017;13(2):441-68. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00625a>
- [29] Kang NR, Kwack YS. The impact of maternal adverse childhood experiences on offspring's internalizing and externalizing problems. *Psychiatry Investig.* 2021;18(11):1050–1057. <https://doi.org/10.30773/pi.2021.0343>
- [30] Bogomolova K, van der Ham IJM, Dankbaar MEW, van den Broek WW, Hovius SER, van der Hage JA, et al. The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy. *Anat Sci Educ.* 2020;13(5):558-567. <https://doi.org/10.1002/ase.1941>
- [31] Spence I, Feng J. Video games and spatial cognition. *Rev Gen Psychol.* 2010;14(2):92-104. <https://doi.org/10.1037/a0019491>
- [32] McGee MG. Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychol Bull.* 1979;86(5):889-918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- [33] Fernandez R, Dror IE, Smith C. Spatial abilities of expert clinical anatomists: Comparison of abilities between novices, intermediates, and experts in anatomy. *Anat Sci Educ.* 2011;4(1):1-8. <https://doi.org/10.1002/ase.196>
- [34] Hegarty M, Keehner M, Khooshabeh P, Montello DR. How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education. *Learn Individ Differ.* 2009;19(1):61-70. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.lindif.2008.04.006>
- [35] Guimarães B, Firmino-Machado J, Tsisar S, Viana B, Pinto-Sousa M, Vieira-Marques P. The role of anatomy computer-assisted learning on spatial abilities of medical students. *Anat Sci Educ.* 2019;12(2):138-53. <https://doi.org/10.1002/ase.1795>
- [36] Gold AJ, Pendergast PM, Ormand CJ, Budd DA, Stempien JA, Mueller KJ, et al. Spatial skills in undergraduate students—Influence of gender, motivation, academic training, and childhood play. *Geosphere.* 2018;14(2):668-83. <https://doi.org/10.1130/GE501494.1>
- [37] Xu Y, Franconeri SL. Capacity for Visual Features in Mental Rotation. *Psychol Sci.* 2015;26(8):1241-51. <https://doi.org/10.1177/0956797615585002>
- [38] Rizzatti IM, Jacaúna RDP. Assistive technologies and meaningful learning in chemistry teaching for deaf students. *Educ Quím.* 2022;33(3):48–60. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81151>
- [39] Jacaúna RDP. Instructional guide for using assistive tools in teaching deaf and blind students [educational product]. Roraima: Universidade Estadual de Roraima; 2017.
- [15] Sala G, Aksayli ND, Tatlidil KS, Tatsumi T, Gondo Y, Gobet F. Near and far transfer in cognitive training: A second-order meta-analysis. *Collabra Psychol.* 2019;5(1):18. <https://doi.org/10.1525/collabra.203>
- [16] van Peppen LM, van Gog T, Verhoeven PP, Alexander PA. Identifying obstacles to transfer of critical thinking skills. *J Cogn Psychol.* 2022;34(2):261-288. <https://doi.org/10.1080/20445911.2021.1990302>
- [17] Varriale V, van der Molen MW, Pascalis V. Mental rotation and fluid intelligence: A brain potential analysis. *Intelligence.* 2018;69:146-157. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.05.007>
- [18] Yang W, Liu H, Chen N, Xu P, Lin X. Is early spatial skills training effective? A meta-analysis. *Front Psychol.* 2020;11:1938. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01938>
- [19] Zavaraki EZ. Artificial intelligence for people with special educational needs. In: Kadry S, editor. *Artificial intelligence and education – shaping the future of learning*. London: IntechOpen; 2024. p. 55–72. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004158>
- [20] Sinclair N, Bruce C, Caswell B, Lissa D, Amour B, Davis M, et al. Spatial reasoning for young learners. In: *Proceedings of the 2014 International Conference of Psychology of Mathematics Education*; 2014. Vancouver, Canada. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.2543.5521>
- [21] Webb RM, Lubinski D, Benbow CP. Spatial ability: a neglected dimension in talent searches for intellectually precocious youth. *J Educ Psychol.* 2007;99(2):397-420. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.2.397>
- [22] Pietsch S, Jansen P. Different mental rotation performance in students of music, sport and education. *Learn Individ Differ.* 2012;22(1):159-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2011.11.012>
- [23] Miller DI, Halpern DF. Can spatial training improve long-term outcomes for gifted STEM undergraduates? *Learn Individ Differ.* 2013; 26: 141-52. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.03.012>
- [24] Chakravarty M, Latif NA, Abu-Hijleh MF, Osman M, Dharap AS, Ganguly PK. Assessment of anatomy in a problem-based medical curriculum. *Clin Anat.* 2005;18(2):131–136. <https://doi.org/10.1002/ca.20038>
- [25] Batten G, Oakes PM, Alexander T. Factors associated with social interactions between deaf children and their hearing peers: a systematic literature review. *J Deaf Stud Deaf Educ.* 2014;19(3):285-302. <https://doi.org/10.1093/deafed/ent052>
- [26] Cherney ID, Neff NL. Role of strategies and prior exposure in mental rotation. *Percept Mot Skills.* 2004;98(3):1269-82. <https://doi.org/10.2466/pms.98.3c.1269-1282>
- [27] Wu H, Shah P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Sci Educ.* 2015;88(3):465-92. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>

دکتری را بر عهده داشته است. ایشان مؤلف بیش از ۱۱ کتاب و مترجم بیش از ۲۱ کتاب از زبان انگلیسی به فارسی است.

Zaraii Zavaraki, E. Professor, Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

✉ zavaraki@atu.ac.ir



فرزند فرزین دانشجوی دکتری تکنولوژی آموزشی دانشگاه علامه طباطبائی تهران است و در حوزه طراحی و پیاده سازی روش های نوین آموزشی با تأکید بر فناوری های نوین یادگیری، فعالیت های پژوهشی گسترده ای دارد. ایشان تحقیقات

متعددی در زمینه هایی همچون تأثیر آموزش به کمک بازی های رایانه ای بر یادآوری مفاهیم، کاربرد هوش مصنوعی و پردازش زبان طبیعی در بهبود و شخصی سازی آموزش، بهره گیری از آزمون های اینترنتی برای کاهش اضطراب امتحان دانش آموزان و به کارگیری فناوری های نوین مانند اینترنت اشیا و یادگیری سیار در محیط های آموزشی به انجام رسانده است. از ایشان تاکنون بیش از ۱۶ مقاله در مجلات علمی و همایش های داخلی و خارجی در پایگاه های علمی نمایه شده و کتابی از ایشان با عنوان «هوش مصنوعی در آموزش» توسط انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی در سال ۱۴۰۴ به چاپ رسیده است.

Farzin, F. Ph.D. student, Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

✉ Farmand_farzin@atu.ac.ir



زهرا جامه بزرگ دانشیار گروه تکنولوژی آموزشی دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه علامه طباطبائی تهران و مدیر هسته پژوهشی بومی گرایی طراحی یادگیری و تولید رسانه های دیجیتال مبتنی بر فرهنگ ایرانی است و در حوزه طراحی و توسعه محیط های یادگیری نوین و

فناوری های آموزشی فعالیت های گسترده ای دارد. ایشان در زمینه هایی چون یادگیری مبتنی بر بازی وارسازی، یادگیری سیار، یادگیری معکوس، داستان گویی دیجیتال و طراحی آموزشی مبتنی بر فناوری های نوین تحقیقات متعددی انجام داده و در پیشبرد رویکردهای نوآورانه آموزشی نقش بسزایی ایفا کرده است. وی به عنوان استاد راهنما، مشاور و داور در بیش از ۴۵ پایان نامه و رساله دکتری مشارکت داشته اند و در پروژه هایی با موضوعاتی نظیر انگیزش، خلاقیت، مهارت های اجتماعی، تفکر انتقادی و خودکارآمدی دانش آموزان فعالیت کرده است.

Jamebozorg, Z. Associate Professor, Department of Educational Technology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

✉ jamebozorg@atu.ac.ir

[40] Marzábal A, Delgado V, Moreira Seguel P, Merino Rubilar C, Cabello V, Manrique F, et al. Models of matter, chemical reaction, and thermodynamics as structuring cores of school chemistry oriented toward citizen education. *Educ Quím.* 2021;32(4):109-126.

[41] Pagano T. Making education and careers in chemistry accessible and successful for deaf/hard-of-hearing students. In: Nelson DJ, Cheng HN, editors. *Diversity in the scientific community vol. 2: perspectives and exemplary programs.* Washington, DC: American Chemical Society; 2017. p. 125-132. <https://doi.org/10.1021/bk-2017-1256.ch011>

[42] Zavaraki EZ, Schneider D. Blended learning approach for students with special educational needs: a systematic review. *J Educ Soc Policy.* 2019;6(1). <https://doi.org/10.30845/jesp.v6n1p19>

[43] Khoshneshin Z. An analytic review on blended learning effects on students' achievements in learning science. *Tech Edu J.* 2018;12(3):231-238. [In Persian] <https://doi.org/10.22061/jte.2018.3275.1834>.

[44] Zaraii Zavaraki E. Design and validation of a blended learning model emphasizing digital technologies for students with special educational needs. *J Psychol Except Individ.* 2019;9(34):15-87. [In Persian] <https://doi.org/10.22054/jpe.2019.43375.2004>

[45] Akbari E, Yazdinejad T, Nazari R, Tatari M. Investigating teachers' perceptions during the Covid-19 pandemic: e-learning, blended learning, or face-to-face? *Tech Edu J.* 2024;18(3):671-682. [In Persian] <https://doi.org/10.22061/tej.2023.10228.2970>.

[46] Weber AM, Bobrowicz K, Greiff S, Leuchter M. Mental rotation is supported by block play in boys and girls. *J Appl Dev Psychol.* 2024; 91: 101630. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2023.101630>

[47] Zakrzewski S, Merrill E, Yang Y. Can gamification improve children's performance in mental rotation? *J Exp Child Psychol.* 2025;252:106169. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2024.106169>

[48] Toofaninejad E, Zaraii Zavaraki E, Dawson S, Poquet O, Sharifi Daramadi P. Social media use for deaf and hard of hearing students in educational settings: a systematic review of literature. *Deafness Educ Int.* 2017;19(3-4):144-161. <https://doi.org/10.1080/14643154.2017.1411874>

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



اسماعیل زارعی زوارکی استاد تکنولوژی آموزشی دانشگاه علامه طباطبائی تهران است. وی نویسنده بیش از ۱۷۶ مقاله منتشر شده در مجلات علمی و کنفرانس های داخلی و بین المللی است. وی سرپرستی بیش از ۱۵۰ پایان نامه کارشناسی ارشد و بیش از ۲۲ رساله

در مجلات معتبر و بیش از ۶۰ مقاله در کنفرانس‌های معتبر علمی منتشر کرده و در تألیف و ترجمه کتاب‌هایی در حوزه بازی‌وارسازی، یادگیری تلفیقی و هوش مصنوعی و آموزش و پرورش مشارکت داشته است. واحدی به‌عنوان استاد راهنما، مشاور و داور در بیش از ۴۵ پایان‌نامه و رساله دکتری مشارکت داشته و در پروژه‌هایی با محوریت انگیزش تحصیلی، خودکارآمدی، سواد رسانه‌ای و مهارت‌های زندگی نقش مؤثری ایفا کرده است.

Vahedi, M. Assistant professor, Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

✉ mahdi.vahedi@atu.ac.ir



مهدی واحدی استادیار گروه تکنولوژی آموزشی دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران است. در حوزه طراحی و توسعه روش‌های نوین آموزشی و فناوری‌های یادگیری فعالیت‌های گسترده‌ای دارد. ایشان دارای مدرک دکتری تکنولوژی آموزشی بوده و در زمینه‌هایی نظیر یادگیری تلفیقی، کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش، بازی‌وارسازی و فناوری‌های نوین آموزشی تحقیقات متعددی انجام داده است. وی بیش از ۲۰ مقاله علمی

Citation (Vancouver): Farzin F, Zaraii Zavaraki E, Jamebozorg Z, Vahedi M. [The impact of a blended-learning educational program for teaching chemistry concepts on mental rotation of students with hearing impairment]. *Tech. Edu. J.* 2026; 20(2): 325-339

 <https://doi.org/10.22061/tej.2025.11735.3188>

