Research in Biology Education

https://Bioedu.cfu.ac.ir

The effect of AI-based conceptual change instruction, as compared with teacher-led conceptual change instruction and conventional instruction, on remediating misconceptions and enhancing academic performance in biology among eleventh-grade students in the experimental sciences track

Masoumeh Ebrahimi [1*]

[1] *Department of Animal Biology, School of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.*
[*] *Corresponding author:* (*M.ebrahimi6788@gmail.com*)

ABSTRACT

Background and Objectives: Misconceptions in biology are one of the persistent challenges in teaching this science. These misconceptions often resist traditional teaching and hinder meaningful learning and academic achievement. Therefore, the present study aimed to compare the effectiveness of traditional teaching, teacher-led conceptual change teaching, and artificial intelligence-based conceptual change teaching in reducing biology misconceptions and improving academic achievement of eleventh grade female students. **Methods:** This study was conducted using a quasi-experimental design with three intact classroom groups. Participants included 90 eleventh grade female students who were divided into three groups: a control group (30 people) that received conventional biology instruction, a first experimental group (30 people) that received teacher-led conceptual change teaching, and a second experimental group (30 people) that received artificial intelligence-based conceptual change teaching. Data were collected using a Biology Misconceptions Questionnaire and a Biology Academic Achievement Test. One-way analysis of covariance was used to analyze the data. **Findings:** The results revealed that both conceptual change teaching approaches significantly reduced students' misconceptions and improved their academic performance compared to the traditional method, and among them, the AI-based conceptual change teaching group showed the greatest improvement. **Conclusion:** The findings of this study indicate that integrating conceptual change strategies with intelligent educational technologies can significantly improve conceptual understanding and academic achievement in secondary school biology education. These results emphasize the importance of designing educational environments that actively target students' misconceptions. Future research could investigate the long-term effects of AI-supported conceptual change teaching and its implementation in more diverse educational contexts.

Keywords: Biological Misconceptions, Conceptual Change, AI-Based Instruction, Biology Education, Achievement Test, Eleventh-Grade Students

RESEARCH ARTICLE

Received: 30 June 2026
Revised: 08 September 2026
Accepted: 11 September 2026
Published online: 22 September 2026
ISSN (Online): 2717-2252

Citation Ebrahimi, Masoumeh. (1405). The effect of AI-based conceptual change instruction, as compared with teacher-led conceptual change instruction and conventional instruction, on remediating misconceptions and enhancing academic performance in biology among eleventh-grade students in the experimental sciences track *Research in Biology Education*, 6(1), 17-39.

© The author(s): Masoumeh Ebrahimi
Publisher: Farhangian University

پژوهش در آموزش زیست‌شناسی، سال ۱۴۰۵ ، شماره ۱، صفحات 39-۱۷

پژوهش در آموزش زیست شناسی

https://Bioedu.cfu.ac.ir

تأثیر آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی بر اصلاح تصورات غلط و ارتقای عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته علوم تجربی

معصومه ابراهیمی [1*]

[1] گروه زیست‌شناسی جانوری، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول: (M.ebrahimi6788@gmail.com)

چکیده

پیشینه و اهداف: تصورات غلط در زیست‌شناسی یکی از چالش‌های پایدار در آموزش این علم به شمار می‌آید. این تصورات اغلب در برابر آموزش‌های سنتی مقاومت نشان می‌دهند و مانع یادگیری معنادار و پیشرفت تحصیلی می‌شوند. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثربخشی آموزش سنتی، آموزش تغییر مفهومی هدایت‌شده توسط معلم و آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی در کاهش تصورات غلط زیست‌شناسی و بهبود پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم انجام شد. **روش‌ها:** این پژوهش با استفاده از طرح شبه‌تجربی و با سه گروه کلاسی دست‌نخورده انجام شد. شرکت‌کنندگان شامل ۹۰ دانش‌آموز دختر پایه یازدهم بودند که در سه گروه قرار گرفتند: یک گروه کنترل (۳۰ نفر) که آموزش متداول زیست‌شناسی را دریافت کرد، یک گروه آزمایشی اول (۳۰ نفر) که آموزش تغییر مفهومی هدایت‌شده توسط معلم را دریافت کرد و یک گروه آزمایشی دوم (۳۰ نفر) که آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی را دریافت نمود. داده‌ها با استفاده از یک پرسشنامه تصورات غلط زیست‌شناسی و یک آزمون پیشرفت تحصیلی زیست‌شناسی گردآوری شد. داده ها با آزمون کوواریانس یکطرفه تحلیل شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که هر دو رویکرد آموزش تغییر مفهومی در مقایسه با روش سنتی به طور معناداری موجب کاهش تصورات غلط دانش‌آموزان و بهبود عملکرد تحصیلی آنان شدند و در این میان، گروه آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی بیشترین میزان پیشرفت را نشان داد. **نتیجه‌گیری:** یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تلفیق راهبردهای تغییر مفهومی با فناوری‌های آموزشی هوشمند می‌تواند درک مفهومی و پیشرفت تحصیلی در آموزش زیست‌شناسی دوره متوسطه را به طور قابل توجهی ارتقا دهد. این نتایج بر اهمیت طراحی محیط‌های آموزشی که به طور فعال تصورات غلط دانش‌آموزان را هدف قرار می‌دهند تأکید می‌کند. پژوهش‌های آینده می‌توانند به بررسی اثرات بلندمدت آموزش تغییر مفهومی پشتیبانی‌شده توسط هوش مصنوعی و اجرای آن در بافت‌های آموزشی متنوع‌تر بپردازند.

واژه‌های کلیدی: تصورات غلط زیست‌شناسی، تغییر مفهومی، آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی، آموزش زیست‌شناسی، آزمون پیشرفت تحصیلی، دانش‌آموزان پایه یازدهم.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۲-۲۷۱۷

ارجاع: ابراهیمی ، معصومه (۱۴۰۵).تأثیر آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی بر اصلاح تصورات غلط و ارتقای عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته علوم تجربی ، پژوهش در آموزش زیست شناسی، (۱) ۶، ۱۷-۳۹

نویسندگان. معصومه ابراهیمی

ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

آموزش زیست‌شناسی در دوره متوسطه همواره با چالش‌های متعددی همراه بوده است (Herak et al., 2025). از یک سو، ماهیت مفاهیم زیستی (مانند تنظیم عصبی، سازوکارهای هورمونی، ایمنی و حرکت) انتزاعی، چندسطحی و مبتنی بر فرایندهای میکروسکوپی است؛ و از سوی دیگر، شیوه‌های سنتی تدریس غالباً بر انتقال اطلاعات تأکید دارند نه بازسازی مفهومی (Guerra-Reyes et al., 2024). این وضعیت در بسیاری از موارد منجر به شکل‌گیری یا تثبیت تصورات غلط علمی[1] در میان دانش‌آموزان شده است (Chen et al., 2020). در پایه یازدهم، که بخش قابل توجهی از مباحث فیزیولوژی انسان تدریس می‌شود، دانش‌آموزان معمولاً برداشت‌های نادرستی درباره مفاهیمی مانند مسیر پیام عصبی، نقش گیرنده‌های حسی، سازوکار انقباض ماهیچه، عملکرد هورمون‌ها و ماهیت پاسخ ایمنی دارند. این تصورات غلط نه‌تنها یادگیری عمیق را مختل می‌کند، بلکه در سال‌های بعد نیز به‌عنوان موانعی شناختی پایدار باقی می‌ماند (Brownell & Kloser, 2015).

در رابطه با این چالش، پژوهشگران آموزش علوم تجربی راهبردهای متنوعی را برای اصلاح تصورات غلط پیشنهاد کرده‌اند. از جمله این راهبردها می‌توان به استفاده از پرسش‌های تشخیصی، آزمون‌های دو مرحله‌ای، آموزش مبتنی بر تعارض شناختی، مدل‌سازی مفهومی، یادگیری فعال، آموزش مبتنی بر پژوهش و به‌کارگیری ابزارهای چندرسانه‌ای اشاره کرد (Yates & Marek, 2014). در میان این رویکردها، آموزش تغییر مفهومی[2] جایگاه ویژه‌ای یافته است؛ رویکردی که با آشکارسازی باورهای پیشین دانش‌آموز، ایجاد نارضایتی شناختی نسبت به آن‌ها و ارائه چارچوب علمی جایگزین، تلاش می‌کند ساختارهای مفهومی نادرست را بازسازی کند. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که این رویکرد می‌تواند در مقایسه با تدریس سنتی، به درک عمیق‌تر مفاهیم علمی منجر شود (Potvin, 2023).

با وجود این، مطالعات مربوط به آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور[3] همواره با موفقیت یکسانی همراه نبوده‌اند. اثربخشی این روش به عواملی همچون مهارت معلم در طراحی تعارض شناختی، توانایی هدایت بحث‌های کلاسی، زمان کافی برای بازسازی مفاهیم و سطح آمادگی پیشین دانش‌آموزان وابسته است (Andariana et al., 2020). در برخی موارد، محدودیت زمان کلاس، تراکم محتوای کتاب درسی و ناهمگونی سطح دانش‌آموزان باعث شده است که مداخلات تغییر مفهومی به نتایج مورد انتظار نرسند. همچنین، اجرای یکسان و پایدار این رویکرد در کلاس‌های مختلف همواره چالش‌برانگیز بوده است (Schmidt et al., 2019).

[1] scientific misconceptions
[2] conceptual change instruction
[3] teacher-led conceptual change instruction

در سال‌های اخیر، پیشرفت فناوری‌های دیجیتال و ظهور سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، افق‌های تازه‌ای را در آموزش علوم گشوده است. ابزارهای هوشمند می‌توانند با ارائه بازخورد فوری، طرح پرسش‌های تطبیقی، شناسایی الگوهای خطای دانش‌آموز و ارائه توضیح‌های شخصی‌سازی‌شده، فرایند تغییر مفهومی را به‌صورت فردمحور تسهیل کنند (Buntine et al., 2020). با این حال، مطالعات تجربی اندکی در بافت آموزش متوسطه و در چارچوب برنامه درسی رسمی، به‌طور مشخص به بررسی آموزش اصلاح تصورات غلط زیست‌شناسی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی پرداخته‌اند. بنابراین، شواهد تجربی کافی درباره میزان اثربخشی این رویکرد در مقایسه با روش‌های معلم‌محور و سنتی هنوز محدود است (Queloz et al., 2017). بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی[1] در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی بر اصلاح تصورات غلط و ارتقای عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته علوم تجربی است. این مطالعه در پی پاسخ به دو پرسش اساسی است:

سوال اول: آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی، چه تأثیری بر تصورات غلط زیست‌شناسی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی دارد؟

سوال دوم: آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی، چه تأثیری بر عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی دارد؟

پیشینه پژوهش

مطالعات اخیر در حوزه آموزش علوم تجربی نشان داده‌اند که تصورات غلط در میان دانش‌آموزان پدیده‌ای پایدار و مقاوم هستند و با آموزش سنتی به‌سادگی اصلاح نمی‌شوند (Kumandaş et al., 2023). در آموزش زیست‌شناسی، پژوهش‌های مختلف گزارش کرده‌اند که دانش‌آموزان در فهم مفاهیمی مانند کارکرد سلول‌ها، سازوکارهای بدن انسان، وراثت، ایمنی، تنظیم عصبی، تنظیم هورمونی و بسیاری از موارد دیگر با دشواری‌های قابل توجهی مواجه هستند (Vosniadou, 2020). بخشی از این دشواری‌ها ناشی از آن است که دانش‌آموزان پدیده‌های زیستی را با تجربه‌های روزمره خود تفسیر می‌کنند؛ برای مثال، ممکن است تصور کنند همه پیام‌های عصبی برای ایجاد پاسخ باید ابتدا به مغز برسند، هورمون‌ها بر همه سلول‌های بدن اثر می‌گذارند، یا واکسن مستقیماً عامل بیماری‌زا را نابود می‌کند (Alavian, 2026). چنین برداشت‌هایی اگر در فرایند آموزش شناسایی و اصلاح نشوند، می‌توانند یادگیری مباحث بعدی را نیز مختل کنند (Parthasarathy, 2020).

[1] AI-based conceptual change instruction

در واکنش به این مسئله، بخش قابل توجهی از پژوهش‌های آموزشی بر استفاده از راهبردهای تغییر مفهومی تمرکز کرده‌اند (Soeharto et al., 2019). یافته‌های این مطالعات عموماً نشان می‌دهد که روش‌هایی مانند تعارض شناختی، بحث گروهی هدایت‌شده، نقشه مفهومی، آزمون‌های تشخیصی، مدل‌سازی، شبیه‌سازی و فعالیت‌های مبتنی بر مسئله می‌توانند به کاهش تصورات غلط علمی کمک کنند (Ferasat, 2021; Gurel et al., 2015). در مقایسه با تدریس سنتی، این روش‌ها دانش‌آموز را از حالت دریافت‌کننده منفعل خارج کرده و او را درگیر مقایسه میان برداشت اولیه و تبیین علمی می‌کنند (Osanloo et al., 2026). با این حال، میزان موفقیت این مداخلات در همه مطالعات یکسان نبوده است. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اگر تعارض شناختی به‌درستی طراحی نشود، یا دانش‌آموز فرصت کافی برای کاربرد مفهوم جدید نداشته باشد، تغییر مفهومی عمیق رخ نمی‌دهد (Guerra-Reyes et al., 2024).

مطالعات مربوط به آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور نیز نتایج متفاوتی داشته‌اند. در برخی موارد، نقش فعال معلم در تشخیص تصورات غلط، هدایت گفت‌وگوهای کلاسی و ارائه مثال‌های متناسب با سطح دانش‌آموزان موجب بهبود معنادار یادگیری شده است (Halim et al., 2018). با این حال، در برخی دیگر از مطالعات، محدودیت‌هایی مانند زمان کم کلاس، تعداد زیاد دانش‌آموزان، فشار برنامه درسی، تفاوت سطح آمادگی فراگیران و دشواری پایش فردی پاسخ‌ها، اثربخشی این روش را کاهش داده است (Nasirpour & Zare, 2020). بنابراین، اگرچه آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور از نظر نظری پشتوانه قوی دارد، اجرای مؤثر آن در کلاس واقعی مدرسه همواره آسان نیست (Machová & Ehler, 2023).

در کنار این رویکردها، مطالعات جدیدتر به نقش فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی در آموزش علوم توجه کرده‌اند. ابزارهای هوشمند می‌توانند محیطی تعاملی فراهم کنند که در آن دانش‌آموز بر اساس پاسخ‌های خود بازخورد فوری دریافت کند (Limperos et al., 2015). همچنین، سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی قادرند پرسش‌های پیگیری طراحی کنند، توضیحات را متناسب با سطح فهم دانش‌آموز ساده‌سازی یا گسترش دهند و مسیر یادگیری را فردی‌سازی کنند (Uden et al., 2023). این ویژگی‌ها از نظر نظری با اصول تغییر مفهومی همخوانی دارند؛ زیرا اصلاح تصورات غلط نیازمند تشخیص دقیق برداشت اولیه، ایجاد چالش شناختی و ارائه توضیح جایگزین قابل فهم است (Abdulrahaman et al., 2020). با وجود این، بیشتر پژوهش‌های موجود درباره فناوری آموزشی به ابزارهای چندرسانه‌ای، شبیه‌سازی‌ها یا محیط‌های یادگیری آنلاین پرداخته‌اند و مطالعات تجربی کمتری به‌طور مشخص اثر آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی را در اصلاح تصورات غلط زیست‌شناسی بررسی کرده‌اند (Susanti, 2018).

به‌طور کلی، مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که سه نکته اساسی در ادبیات پژوهش قابل مشاهده است: نخست، تصورات غلط زیست‌شناسی در میان دانش‌آموزان، به‌ویژه در مباحث فرایندی و انتزاعی، گسترده و پایدار هستند؛ دوم،

آموزش تغییر مفهومی می‌تواند در کاهش این تصورات غلط مؤثر باشد، اما موفقیت آن به نحوه اجرا و شرایط کلاس وابسته است؛ و سوم، هوش مصنوعی ظرفیت بالقوه‌ای برای شخصی‌سازی فرایند اصلاح تصورات غلط دارد، اما شواهد تجربی کافی درباره اثربخشی آن در بافت آموزش رسمی متوسطه هنوز معدود است. این خلأ پژوهشی ضرورت انجام مطالعه حاضر را برجسته می‌سازد (Rajaei, 2026).

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثربخشی آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی در اصلاح تصورات غلط زیست‌شناسی و ارتقای عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان پایه یازدهم دختر طراحی شده است. تمرکز پژوهش بر مباحث منتخب کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم ایران است؛ مباحثی که به دلیل ماهیت انتزاعی و فرایندی خود، زمینه مناسبی برای شکل‌گیری تصور غلط دارند. از جمله این مباحث می‌توان به مسیر پیام عصبی، نقش نخاع در بازتاب، تفاوت گیرنده حسی و اندام حسی، سازوکار انقباض ماهیچه، اثر اختصاصی هورمون‌ها بر سلول‌های هدف، و عملکرد سیستم ایمنی و واکسن اشاره کرد.

این پژوهش از آن جهت اهمیت دارد که سه رویکرد آموزشی را به‌صورت مقایسه‌ای بررسی می‌کند: آموزش سنتی، آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی. در گروه آموزش سنتی، تدریس بر اساس روال معمول کلاس و توضیح مستقیم معلم انجام می‌شود. در گروه تغییر مفهومی معلم‌محور، معلم با استفاده از پرسش‌های تشخیصی، ایجاد تعارض شناختی، بحث هدایت‌شده و ارائه توضیح علمی جایگزین، برای اصلاح تصورات غلط اقدام می‌کند. در گروه تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، دانش‌آموزان با یک سامانه هوشمند تعامل می‌کنند که وظیفه آن شناسایی خطاهای مفهومی، ارائه بازخورد فوری و هدایت فردی دانش‌آموز به سوی فهم علمی صحیح است.

نوآوری اصلی مطالعه حاضر در بررسی نقش هوش مصنوعی در فرایند تغییر مفهومی در چارچوب برنامه درسی رسمی زیست‌شناسی پایه یازدهم است. در حالی که بسیاری از مطالعات پیشین بر روش‌های معلم‌محور یا ابزارهای آموزشی غیرهوشمند تمرکز داشته‌اند، این پژوهش تلاش می‌کند مشخص کند آیا هوش مصنوعی می‌تواند به‌عنوان یک مداخله آموزشی مؤثر، تصورات غلط زیست‌شناسی را کاهش دهد و هم‌زمان عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان را بهبود بخشد یا خیر. از این رو، یافته‌های پژوهش می‌تواند برای معلمان زیست‌شناسی، طراحان برنامه درسی، پژوهشگران آموزش علوم و سیاست‌گذاران آموزشی کاربرد داشته باشد. همچنین، پاسخ به پرسش‌های این تحقیق می‌تواند به روشن‌تر شدن ظرفیت‌های آموزشی هوش مصنوعی در اصلاح تصورات غلط علمی و بهبود کیفیت یادگیری زیست‌شناسی در دوره متوسطه کمک کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، شبه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون– پس‌آزمون با گروه کنترل غیرتصادفی است. انتخاب این طرح به این دلیل صورت گرفت که در بستر واقعی مدرسه امکان تخصیص تصادفی تک‌تک دانش‌آموزان به گروه‌های پژوهش وجود نداشت و کلاس‌های موجود به عنوان واحدهای دست‌نخورده آموزشی مورد استفاده قرار گرفتند. در این طرح، سه گروه مورد مطالعه قرار گرفتند که شامل یک گروه آزمایشی اول با آموزش تغییر مفهومی توسط معلم، یک گروه آزمایشی دوم با آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی و یک گروه کنترل با آموزش سنتی رایج در کلاس‌های زیست‌شناسی بود. بمنظور کنترل اثر متغیرهای مخدوش‌گر مرتبط با بستر آموزشی، هر سه گروه (کنترل، آزمایش ۱ و آزمایش ۲) از یک مدرسه دخترانه انتخاب شدند؛ به‌گونه‌ای که هر سه کلاس از نظر امکانات فیزیکی، محتوای کتاب درسی، برنامه هفتگی و سیاست‌های آموزشی مدرسه یکسان بودند.

در ابتدای پژوهش، هر سه گروه تحت پیش‌آزمون قرار گرفتند تا سطح اولیه تصورات غلط زیست‌شناسی و میزان عملکرد تحصیلی آنان سنجیده شود و هم‌ارزی نسبی گروه‌ها بررسی گردد. پس از اجرای مداخله آموزشی در طی چند جلسه مشخص، همان ابزارها با آیتم های جابجا شده به عنوان پس‌آزمون اجرا شد تا میزان تغییر در تصورات غلط و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان اندازه‌گیری شود. متغیر مستقل پژوهش نوع روش تدریس در سه سطح آموزش سنتی، آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی بود. متغیرهای وابسته شامل میزان کاهش تصورات غلط زیست‌شناسی و نمره عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در آزمون زیست‌شناسی بود.

جامعه آماری پژوهش را دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی در یک مدرسه متوسطه دوم منطقه یک شهر بابل تشکیل دادند. نمونه پژوهش از میان کلاس های دارای شرایط آموزشی مشابه و آمادگی همکاری با پژوهشگر انتخاب شد. به دلیل محدودیت‌های اجرایی، نمونه‌گیری به شیوه در دسترس انجام گرفت و کلاس‌های موجود به عنوان واحد نمونه انتخاب شدند. هر یک از کلاس‌ها به طور کامل در یکی از سه گروه پژوهش قرار گرفتند تا از اختلاط شرایط آموزشی جلوگیری شود. همچنین، تمامی جلسات آموزشی هر سه گروه توسط یک معلم (پژوهشگر) تدریس شد تا اثر متغیر معلم بر نتایج کنترل شود. تنها تفاوت گروه‌ها، روش تدریس بود. تعداد دانش‌آموزان هر گروه (۳۰ نفر) به گونه‌ای در نظر گرفته شد که امکان انجام تحلیل‌های آماری مقایسه‌ای فراهم باشد و توان آزمون کافی تأمین شود. شرکت در پژوهش با اطلاع مدرسه و رضایت آگاهانه انجام گرفت و محرمانگی اطلاعات فردی دانش‌آموزان تضمین شد. دانش‌آموزانی که در طول اجرای پژوهش غیبت طولانی داشتند یا در یکی از مراحل پیش‌آزمون یا پس‌آزمون شرکت نکردند، از تحلیل نهایی حذف شدند تا دقت نتایج حفظ گردد.

در این پژوهش از دو ابزار اصلی برای گردآوری داده‌ها استفاده شد: ابزار نخست، پرسشنامه تصورات غلط زیست‌شناسی محقق ساخته بود که شامل ۴۰ جمله مبتنی بر تصورات غلط رایج دانش‌آموزان پایه یازدهم در مباحث منتخب کتاب زیست‌شناسی بود. تمامی جملات این پرسشنامه به صورت گزاره‌های نادرست علمی طراحی شده بودند

که بازتاب‌دهنده باورهای غلط متداول در زمینه‌هایی نظیر مسیر پیام عصبی و نقش نخاع در بازتاب‌ها، تمایز اندام حسی و گیرنده حسی، سازوکار انقباض ماهیچه، اختصاصی بودن اثر هورمون‌ها بر سلول‌های هدف، عملکرد دستگاه ایمنی، نقش واکسن و تفاوت باکتری و ویروس بودند. دانش‌آموزان موظف بودند هر جمله را مطالعه کرده و مشخص کنند که آن را «صحیح» یا «غلط» می‌دانند. انتخاب گزینه «صحیح» برای یک گزاره نادرست نشان‌دهنده وجود تصور غلط در آن حوزه مفهومی بود. بدین ترتیب، مجموع پاسخ‌های نادرست به عنوان شاخص شدت تصور غلط هر دانش‌آموز محاسبه شد. برای اطمینان از روایی محتوایی این پرسشنامه، ابتدا فهرستی از تصورات غلط رایج بر اساس تحلیل کتاب درسی و مرور ادبیات پژوهش تهیه شد، سپس گویه‌ها تدوین گردید و در اختیار متخصصان آموزش زیست‌شناسی مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفت تا میزان تناسب، شفافیت و پوشش مفهومی آن‌ها بررسی شود. پس از اعمال اصلاحات پیشنهادی، نسخه نهایی آماده اجرا شد. پایایی ابزار نیز از طریق اجرای آزمایشی و محاسبه ضریب همسانی درونی مورد بررسی قرار گرفت تا از ثبات اندازه‌گیری اطمینان حاصل شود.

ابزار دوم، آزمون پیشرفت تحصیلی زیست‌شناسی بود که به طور اختصاصی برای این پژوهش و همسو با همان حوزه‌های مفهومی طراحی شد. این آزمون ترکیبی از انواع سؤالات جای خالی، صحیح و غلط، چهارگزینه‌ای و تشریحی بود و به گونه‌ای تنظیم شد که علاوه بر سنجش دانش حفظی، درک مفهومی، توانایی تحلیل و کاربرد مفاهیم را نیز ارزیابی کند. محتوای آزمون به طور مستقیم با همان تصورات غلط مطرح‌شده در پرسشنامه مرتبط بود تا مشخص شود اصلاح یا تداوم تصورات غلط چه تأثیری بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دارد. سؤالات تشریحی به‌ویژه به گونه‌ای طراحی شدند که دانش‌آموز ناچار به توضیح فرایندهای زیستی و استدلال علمی باشد، نه صرفاً بازگویی یک تعریف. این آزمون نیز پیش از اجرا از نظر روایی محتوایی توسط متخصصان بررسی و پس از اجرای آزمایشی، تحلیل سؤال و شاخص‌های دشواری و تمییز آن ارزیابی شد. مواد آموزشی مورد استفاده در گروه‌های آزمایشی شامل طرح درس‌های مبتنی بر تغییر مفهومی بود که در آن‌ها مراحل آشکارسازی باورهای پیشین، ایجاد تعارض شناختی، ارائه تبیین علمی صحیح و کاربرد مفهوم در موقعیت‌های جدید به صورت نظام‌مند طراحی شد. در گروه مبتنی بر هوش مصنوعی، یک سامانه گفت‌وگومحور هوشمند مورد استفاده قرار گرفت که توانایی طرح پرسش‌های تشخیصی، ارائه بازخورد فوری و هدایت مرحله‌به‌مرحله دانش‌آموز به سوی پاسخ صحیح را داشت. در گروه کنترل، آموزش بر اساس روال رایج کلاس شامل توضیح مستقیم معلم، مطالعه کتاب درسی و حل تمرین انجام گرفت.

علاوه بر ابزارهای پژوهش، منبع اصلی محتوای آموزشی مورد استفاده در هر سه گروه، کتاب درسی رسمی زیست‌شناسی پایه یازدهم بود که در برنامه درسی ملی تدریس می‌شود. این کتاب به‌عنوان منبع اصلی ارائه مفاهیم علمی در مباحث مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. موضوعاتی که در جریان مداخله آموزشی مورد توجه قرار گرفتند شامل مسیر پیام عصبی و بازتاب‌ها، گیرنده‌های حسی، سازوکار انقباض ماهیچه، تنظیم هورمونی، و ایمنی و

واکسیناسیون بودند که همگی در فصل‌های مختلف کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم مطرح شده‌اند. ترتیب ارائه مفاهیم، اصطلاحات علمی، نمودارها و مثال‌های آموزشی مورد استفاده در تدریس نیز بر اساس همین کتاب درسی تنظیم شد تا هماهنگی کامل با برنامه درسی رسمی و محتوای آموزشی مدرسه حفظ شود. در گروه‌های آزمایشی، محتوای این کتاب درسی مبنای طراحی فعالیت‌های آموزشی مبتنی بر تغییر مفهومی قرار گرفت. نمودارها، شکل‌ها و توضیحات کتاب به‌عنوان نقطه شروع برای آشکارسازی تصورات غلط دانش‌آموزان و ارائه تبیین‌های علمی دقیق مورد استفاده قرار گرفتند. در مقابل، در گروه کنترل تدریس دقیقاً بر اساس روند معمول استفاده از کتاب درسی انجام شد و معلم مطالب را مطابق با ترتیب و توضیحات ارائه‌شده در کتاب شرح داد. استفاده از یک منبع درسی مشترک برای هر سه گروه این امکان را فراهم کرد که تفاوت‌های مشاهده‌شده در نتایج پژوهش عمدتاً ناشی از روش تدریس باشد، نه تفاوت در محتوای آموزشی.

روند اجرای این پژوهش به‌صورت گام‌به‌گام، ساختاریافته و با کنترل حداکثری متغیرهای مداخله‌گر، طراحی و اجرا شد تا اطمینان حاصل شود که تفاوت‌های مشاهده‌شده در نتایج، ناشی از نوع مداخله آموزشی است نه عوامل بیرونی. این فرایند در پنج مرحله اصلی شامل آماده‌سازی و طراحی، اجرای پیش‌آزمون، اجرای مداخله آموزشی، اجرای پس‌آزمون و آماده‌سازی داده‌ها برای تحلیل انجام گرفت. در ادامه، هر یک از این مراحل با جزئیات کامل تشریح می‌شود.

در مرحله نخست که مرحله آماده‌سازی و طراحی پژوهش بود، هماهنگی‌های لازم با مدیریت مدرسه، معاون آموزشی و دبیر زیست‌شناسی صورت گرفت. هدف پژوهش، چارچوب اجرایی، مدت زمان مداخله و نحوه حضور پژوهشگر در مدرسه به‌صورت رسمی تبیین شد. برنامه زمانی اجرای جلسات به‌گونه‌ای تنظیم گردید که هر سه گروه در بازه زمانی یکسان و در شرایط تقویمی مشابه آموزش ببینند تا اثر عواملی مانند نزدیک بودن به امتحانات یا تعطیلات مدرسه به حداقل برسد. همچنین تلاش شد کلاس‌ها از نظر سطح کلی پیشرفت تحصیلی، وضعیت اجتماعی-اقتصادی تقریبی و امکانات آموزشی مدرسه مشابه باشند. در همین مرحله، طرح درس‌های هر پنج جلسه آموزشی برای هر سه گروه به‌صورت مکتوب و دقیق تهیه شد. برای گروه آزمایشی اول، سناریوهای ایجاد تعارض شناختی، پرسش‌های محرک، مثال‌های نقض، فعالیت‌های مقایسه‌ای و تمرین‌های انتقال یادگیری طراحی گردید. برای گروه آزمایشی دوم، ساختار تعامل با سامانه هوش مصنوعی از پیش تنظیم شد، به این معنا که برای هر مفهوم، مجموعه‌ای از پرسش‌های تشخیصی اولیه، مسیرهای احتمالی پاسخ دانش‌آموز، بازخوردهای اصلاحی، توضیحات مرحله‌ای و پرسش‌های تعمیقی آماده شد تا انسجام آموزشی حفظ گردد. در گروه کنترل نیز محتوای آموزشی مطابق با روال رایج تدریس و بر اساس توالی کتاب درسی تنظیم شد تا تفاوت اصلی تنها در راهبرد آموزشی باشد نه در محتوا. پیش از آغاز رسمی پژوهش، جلسه‌ای توجیهی با دانش‌آموزان برگزار شد. در این جلسه بدون اشاره به فرضیه‌های پژوهش،

هدف کلی مطالعه به‌عنوان بررسی روش‌های مختلف آموزش زیست‌شناسی توضیح داده شد تا از شکل‌گیری سوگیری انتظاری جلوگیری شود. به دانش‌آموزان اطمینان داده شد که نتایج آزمون‌ها تأثیری بر نمرات رسمی مدرسه ندارد و اطلاعات آن‌ها محرمانه باقی خواهد ماند. این اقدام برای کاهش اضطراب آزمون و افزایش صداقت پاسخ‌ها ضروری بود.

در مرحله دوم، پیش‌آزمون‌ها اجرا شد. در یک روز مشخص و در شرایط زمانی یکسان، ابتدا پرسشنامه ۴۰ سؤالی تصورات غلط در اختیار هر سه گروه قرار گرفت. به دانش‌آموزان توضیح داده شد که هر جمله را با دقت مطالعه کرده و صرفاً بر اساس باور علمی خود، گزینه «صحیح» یا «غلط» را انتخاب کنند و از حدس زدن بی‌مورد خودداری نمایند. زمان کافی برای پاسخ‌گویی در نظر گرفته شد تا فشار زمانی بر کیفیت پاسخ‌ها اثر نگذارد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی نیز در همان هفته و با فاصله زمانی کوتاه اجرا شد. ترتیب اجرای ابزارها در همه گروه‌ها یکسان بود تا اثر ترتیب کاهش یابد. پاسخ‌نامه‌ها کدگذاری شد و برای هر دانش‌آموز یک شناسه محرمانه در نظر گرفته شد تا تطبیق پیش‌آزمون و پس‌آزمون بدون افشای هویت انجام گیرد.

مرحله سوم که هسته اصلی پژوهش بود، شامل اجرای مداخله آموزشی در طی پنج جلسه متوالی بود. هر جلسه حدود چهل و پنج تا شصت دقیقه به طول انجامید و محتوای هر سه گروه از نظر موضوع در هر هفته یکسان بود، اما راهبرد تدریس متفاوت اجرا شد.

در گروه آزمایشی اول که آموزش تغییر مفهومی توسط معلم اجرا می‌شد، هر جلسه با فعال‌سازی دانش پیشین آغاز می‌شد. معلم از طریق طرح یک موقعیت مسئله‌محور یا یک پرسش چالش‌برانگیز، دانش‌آموزان را وادار می‌کرد برداشت خود را آشکار بیان کنند. پاسخ‌ها روی تخته ثبت می‌شد تا تنوع دیدگاه‌ها نمایان گردد. سپس معلم با طرح پرسش‌های عمیق‌تر یا ارائه شواهد علمی، ناهماهنگی میان برخی پاسخ‌ها و واقعیت علمی را برجسته می‌کرد. این مرحله تعارض شناختی به‌گونه‌ای مدیریت می‌شد که دانش‌آموز احساس سردرگمی شدید نکند بلکه انگیزه بازاندیشی پیدا کند. در ادامه، معلم با استفاده از نمودارهای کتاب، مدل‌های ساده، مثال‌های روزمره و توضیح گام‌به‌گام، مفهوم علمی صحیح را ارائه می‌داد. مرحله پایانی هر جلسه به تثبیت و انتقال یادگیری اختصاص داشت؛ دانش‌آموزان باید مفهوم جدید را در یک مثال متفاوت به کار می‌بردند یا تفاوت میان باور قبلی و فهم جدید خود را توضیح می‌دادند. این فرایند در هر پنج جلسه تکرار شد تا ساختار تغییر مفهومی در ذهن دانش‌آموزان تقویت شود.

در گروه آزمایشی دوم که آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی در آن اجرا می‌شد، ساختار هر جلسه به‌صورت تعاملی طراحی گردید. پس از معرفی کوتاه سامانه هوش مصنوعی مونیکا به آدرس https://monica.im توسط معلم در سایت مدرسه و وارد کردن پرامپت در این سامانه هوشمند، دانش‌آموزان به‌صورت فردی یا دونفره دقایقی با سامانه کار کردند تا تعامل با آن را فراگیرند. سپس هر دانش آموز بصورت انفرادی با استفاده از یک کامپیوتر ابتدا یک یا چند پرسش تشخیصی از سامانه دریافت می کرد که مستقیماً همان تصورات غلط شایع را هدف قرار می‌داد. اگر دانش‌آموز

پاسخ نادرست انتخاب می‌کرد، سامانه به‌جای اعلام فوری پاسخ صحیح، با طرح پرسش‌های راهنما یا نمایش یک سناریوی کوتاه، او را به بازنگری در استدلال خود دعوت می‌کرد. در صورت تداوم پاسخ نادرست، توضیح مرحله‌ای همراه با مقایسه صریح بین باور نادرست و تبیین علمی ارائه می‌شد. در مواردی که پاسخ صحیح انتخاب می‌شد، سامانه با طرح یک پرسش تعمیقی، عمق فهم دانش‌آموز را می‌سنجید تا از یادگیری سطحی جلوگیری شود. بازخوردها فوری و شخصی‌سازی‌شده بود و هر دانش‌آموز مسیر یادگیری متناسب با پاسخ‌های خود را طی می‌کرد. معلم در این گروه بیشتر نقش تسهیل‌گر و ناظر را داشت و تنها در صورت بروز مشکلات فنی یا ابهام جدی مفهومی مداخله می‌کرد. این ویژگی سبب شد تعامل شناختی هر دانش‌آموز به‌صورت فردی و مستمر شکل گیرد.

در گروه کنترل، همان محتوای درسی در همان تعداد جلسات و در همان مدت زمان تدریس شد، اما راهبرد آموزشی مبتنی بر توضیح مستقیم معلم، قرائت و تشریح متن کتاب، رسم شکل‌های کتاب بر روی تخته و حل تمرین‌های پایانی فصل بود. در این گروه تلاش شد شرایط تدریس کاملاً عادی و مشابه روال معمول مدرسه باقی بماند و از به‌کارگیری عمدی تعارض شناختی یا فعالیت‌های ویژه تغییر مفهومی خودداری شود. این امر برای آن بود که مقایسه میان روش‌ها واقعی و معتبر باشد.

در طول اجرای مداخله، حضور و مشارکت دانش‌آموزان ثبت شد تا اطمینان حاصل شود همه افراد در معرض مداخله کامل قرار گرفته‌اند. همچنین تلاش شد معلم در هر سه گروه از نظر زمان اختصاص‌یافته به تدریس، سرعت ارائه محتوا و حجم تکلیف خانگی تعادل را رعایت کند تا عامل زمان به‌عنوان متغیر مزاحم عمل نکند. پس از اتمام جلسات آموزشی، مرحله چهارم یعنی اجرای پس‌آزمون انجام شد. در شرایطی مشابه پیش‌آزمون و با فاصله زمانی کوتاه از آخرین جلسه آموزشی، مجدداً پرسشنامه ۴۰ جمله‌ای تصورات غلط و آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی اجرا گردید. دستورالعمل‌ها دقیقاً همانند مرحله پیش‌آزمون ارائه شد تا قابلیت مقایسه نتایج حفظ شود. پاسخ‌ها با همان کدهای محرمانه جمع‌آوری شد تا تطابق داده‌های پیش و پس امکان‌پذیر باشد.

در مرحله پنجم، داده‌ها آماده تحلیل شدند. پاسخ‌های پرسشنامه به‌گونه‌ای کدگذاری شد که انتخاب گزینه «صحیح» برای گزاره نادرست به‌عنوان یک نمره تصور غلط ثبت شود. مجموع این موارد شاخص شدت تصور غلط هر فرد را تشکیل داد. در آزمون زیست‌شناسی نیز برای هر نوع سؤال، شیوه نمره‌دهی استاندارد تعریف شد و سؤالات تشریحی بر اساس کلید تصحیح دقیق ارزیابی گردید تا سوگیری مصحح کاهش یابد. در نهایت، داده‌ها وارد نرم‌افزار آماری شد و فایل نهایی برای تحلیل آماده گردید. این فرایند مرحله‌به‌مرحله و کنترل‌شده سبب شد اجرای پژوهش از انسجام روش‌شناختی برخوردار باشد و نتایج حاصل، بازتاب‌دهنده تأثیر واقعی سه رویکرد آموزشی بر کاهش تصورات غلط و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان باشد.

در مرحله نخست تحلیل داده‌ها، شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار و دامنه نمرات برای هر گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون محاسبه شد تا تصویری کلی از وضعیت داده‌ها ارائه گردد. سپس برای بررسی هم‌ارزی اولیه گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون، آزمون‌های مناسب آماری اجرا شد. به منظور بررسی اثر نوع آموزش بر کاهش تصورات غلط و بهبود عملکرد تحصیلی، از تحلیل کوواریانس یکطرفه استفاده شد تا ضمن کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، تفاوت میانگین نمرات پس‌آزمون در سه گروه مقایسه گردد. در صورت معنادار بودن نتایج، آزمون‌های تعقیبی برای تعیین محل تفاوت بین گروه‌ها اجرا شد. علاوه بر سطح معناداری آماری، اندازه اثر نیز گزارش شد تا میزان اهمیت عملی تفاوت‌ها مشخص گردد. در نهایت، نتایج به گونه‌ای تفسیر شد که مشخص شود آیا آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی نسبت به آموزش معلم‌محور و آموزش سنتی، تأثیر بیشتری در کاهش تصورات غلط زیست‌شناسی و ارتقای عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان پایه یازدهم دختر داشته است یا خیر.

یافته‌ها

از نرم افزار اس پی اس اس، نسخه ۲۹، برای تجزیه و تحلیل نمرات دانش آموزان دختر علوم تجربی ایرانی در پرسشنامه تصورات غلط زیستی و آزمون پیشرفت تحصیلی زیست شناسی برای مراحل پیش و پس آزمون استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوطه، ابتدا پایایی همسانی درونی این ابزارها با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس بر اساس آماره آلفای کرونباخ محاسبه شد. سپس، تجزیه و تحلیل سریع سوالات تحقیق نشان داد که برای پرداختن به سوالات تحقیق، به تحلیل کوواریانس یک طرفه نیاز است. با این حال، ما در ابتدا فرضیات اجرای این آزمون (یعنی نرمال بودن داده‌ها، همگنی واریانس لوین، نمونه‌های مستقل تصادفی، همگنی شیب‌های رگرسیون و خطی بودن) را بررسی و تأیید کردیم؛ اندازه‌های اثر نیز بر اساس آزمون‌های آماری انجام شده گزارش شدند.

سوال اول تحقیق به این موضوع پرداخت که آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی، چه تأثیری بر تصورات غلط زیست‌شناسی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی دارد؟ برای پاسخ به این سوال، تحلیل کوواریانس یکطرفه روی نمرات پرسشنامه تصورات غلط زیست‌شناسی هر سه گروه در نرم افزار اس پی اس اس نسخه ۲۹ اجرا شد. نتایج توصیفی و استنتاجی مربوطه در جدول ۱ و ۲ زیرین ارائه شده است.

جدول ۱ - نتایج توصیفی پرسشنامه تصورات غلط زیست‌شناسی

		پیش آزمون		پس آزمون	
گروه	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
تجربی اول	۳۰	۱۳/۶۷	۲/۳۰	۱۱/۸۰	۲/۶۹
تجربی دوم	۳۰	۱۳/۹۰	۲/۲۴	۱۰/۱۰	۲/۷۸
کنترل	۳۰	۱۳/۱۳	۲/۱۲	۱۲/۱۰	۲/۴۵

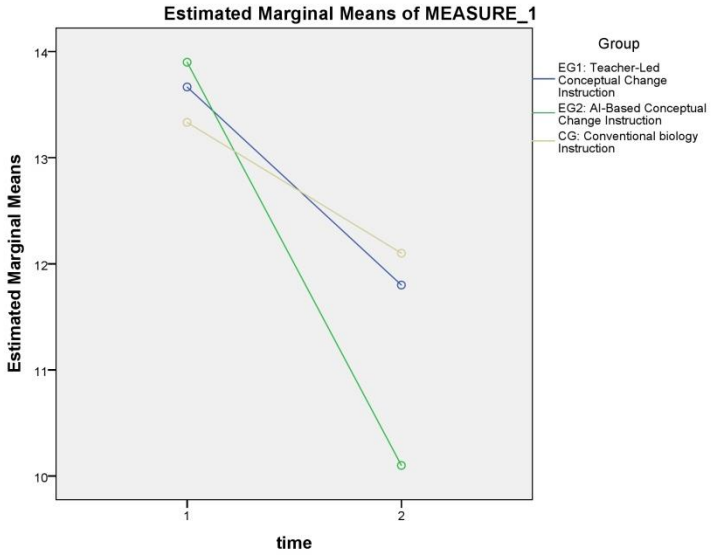
جمع کل	۹۰	۱۳/۶۳	۲/۲۱	۱۱/۳۳	۲/۷۶

ملاحظات: گروه تجربی اول: آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور؛ گروه تجربی دوم: آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی؛ گروه کنترل: آموزش سنتی زیست شناسی

جدول ۲ - نتایج تحلیل کوواریانس یکطرفه پرسشنامه تصورات غلط زیست‌شناسی

منبع	مجموع مربعات نوع سوم	درجه آزادی	میانگین مربعات	اف	سطح معنی داری	ضریب تاثیر مربع اتا جزئی	پارامتر غیرمرکزی	توان مشاهده شده
مدل اصلاح شده	۶۱۷/۱۸	۳	۲۰۵/۷۲	۲۸۱/۶۵	۰/۰۰	۰/۹۰	۸۴۴/۹۵	۱/۰۰
نقطه تقاطع	۳۶/۴۸	۱	۳۶/۴۸	۴۹/۹۴	۰/۰۰	۰/۳۶	۴۹/۹۴	۱/۰۰
پیش آزمون تصورات غلط	۵۴۷/۳۸	۱	۵۴۷/۳۸	۷۴۹/۳۹	۰/۰۰	۰/۸۹	۷۴۹/۳۹	۱/۰۰
گروه	۱۱۱/۵۷	۲	۵۵/۷۸	۷۶/۳۷	۰/۰۰	۰/۶۴	۱۵۲/۷۵	۱/۰۰
خطا	۶۲/۸۱	۸۶	۰/۷۳					
کل	۱۲۲۴۰/۰۰	۹۰						
کل اصلاح شده	۶۸۰/۰۰	۸۹						

نتایج جدول ۲ حاکی از آن بود که تفاوت آماری معنی داری میان سه گروه از نظر نمرات پس آزمون پرسشنامه تصورات غلط زیست شناسی وجود داشت: $F(2, 86) = 76.37;\ p < .001$. ضریب تاثیر مربع اتای جزئی نیز نشان از تفاوت آماری زیاد داشت ($\eta p2 = .64$) (Creswell & Creswell, 2018). این نتایج همچنین از نمای نموداری نمرات پس آزمون پرسشنامه تصورات غلط زیست شناسی مشهود است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ - میانگین نهایی تخمینی نمرات پس آزمون پرسشنامه تصورات غلط زیست شناسی

بمنظور بررسی این مهم که این تفاوت دقیقا بین کدام دو گروه وجود داشت، آزمون زوجی توکی اجرا شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳ - مقایسات دوبه‌دوی نمرات پس آزمون پرسشنامه تصورات غلط زیست شناسی سه گروه

گروه (الف)	گروه (ب)	تفاوت میانگین (الف-ب)	خطای استاندارد	سطح معنی داری آماری	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاوت میانگین	
					حد پائین	حد بالا
تجربی اول	تجربی دوم	۱/۹۶	۰/۲۲	۰/۰۰	۱/۴۲	۲/۵۰
	کنترل	-۰/۶۷	۰/۲۲	۰/۰۰	-۱/۲۱	-۰/۱۳
تجربی دوم	تجربی اول	-۱/۹۶	۰/۲۲	۰/۰۰	-۲/۵۰	-۱/۴۲
	کنترل	-۲/۶۳	۰/۲۲	۰/۰۰	-۳/۱۸	-۲/۰۹
کنترل	تجربی اول	۰/۶۷	۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۱۳	۱/۲۱
	تجربی دوم	۲/۶۳	۰/۲۲	۰/۰۰	۲/۰۹	۳/۱۸

ملاحظات: گروه تجربی اول: آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور؛ گروه تجربی دوم: آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی؛ گروه کنترل: آموزش سنتی زیست شناسی

نتایج جدول ۳ نشان داد که تفاوت آماری معنی داری بین گروه تجربی دوم و دو گروه دیگر وجود دارد ($p < .001$). اگرچه نتیجه مشابهی بین گروه تجربی اول و گروه کنترل یافت شد، گروه تجربی اول نتوانست از حیث کاهش تصورات غلط زیست شناسی از گروه تجربی دوم عملکرد بهتری داشته باشد. بنابراین، گروه تجربی دوم که تحت آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی قرار گرفته بود، در مقایسه با سایر گروه ها، عملکرد بهتری در این ارتباط نشان داد.

سوال دوم تحقیق به این موضوع پرداخت که آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی، چه تأثیری بر عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی دارد؟ برای پاسخ به این سوال، تحلیل کوواریانس یکطرفه روی نمرات آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی هر سه گروه در نرم افزار اس پی اس اس نسخه ۲۹ اجرا شد. نتایج توصیفی و استنتاجی مربوطه در جدول ۴ و ۵ زیرین ارائه شده است.

جدول ۴ - نتایج توصیفی آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی

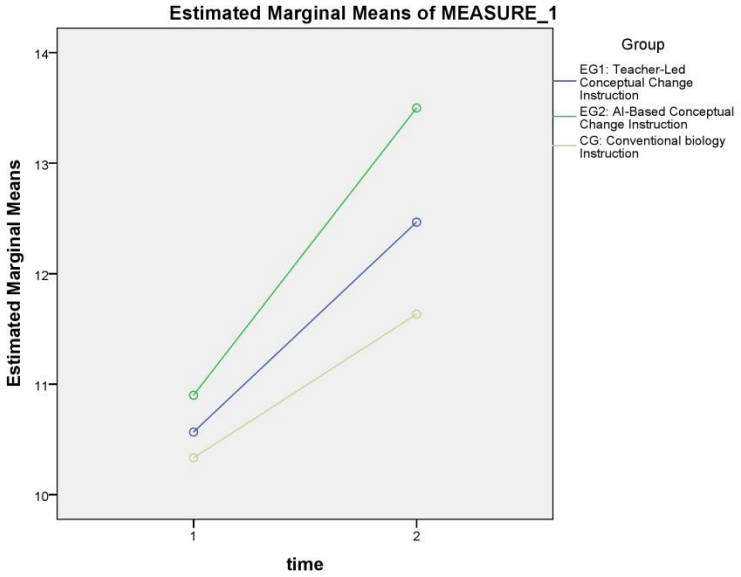
	پیش آزمون			پس آزمون	
گروه	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
تجربی اول	۳۰	۱۰/۵۷	۲/۱۹	۱۲/۴۷	۲/۰۶
تجربی دوم	۳۰	۱۰/۹۰	۲/۲۴	۱۳/۵۰	۲/۰۶
کنترل	۳۰	۱۰/۳۳	۲/۱۲	۱۱/۶۳	۱/۹۷
جمع کل	۹۰	۱۰/۶۰	۲/۱۷	۱۲/۵۳	۲/۱۵

ملاحظات: گروه تجربی اول: آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور؛ گروه تجربی دوم: آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی؛ گروه کنترل: آموزش سنتی زیست شناسی

جدول ۵ - نتایج تحلیل کوواریانس یکطرفه آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی

منبع	مجموع مربعات نوع سوم	درجه آزادی	میانگین مربعات	اف	سطح معنی داری	ضریب تاثیر مربع اتا جزئی	پارامتر غیرمرکزی	توان مشاهده شده
مدل اصلاح شده	۳۵۱/۸۷	۳	۱۱۷/۲۹	۱۶۶/۶۶	۰/۰۰	۰/۸۵	۴۹۹/۹۸	۱/۰۰
نقطه تقاطع	۴۴/۸۵	۱	۴۴/۸۵	۶۳/۷۳	۰/۰۰	۰/۴۲	۶۳/۷۳	۱/۰۰
پیش آزمون تصورات غلط	۲۹۹/۴۰	۱	۲۹۹/۴۰	۴۲۵/۴۳	۰/۰۰	۰/۸۳	۴۲۵/۴۳	۱/۰۰
گروه	۲۸/۵۶	۲	۱۴/۲۸	۲۰/۲۹	۰/۰۰	۰/۳۲	۴۰/۵۸	۱/۰۰
خطا	۶۰/۵۲	۸۶	۰/۷۰					
کل	۱۴۵۵۰/۰۰	۹۰						
کل اصلاح شده	۴۱۲/۴۰	۸۹						

نتایج جدول ۵ حاکی از آن بود که تفاوت آماری معنی داری میان سه گروه از نظر نمرات پس آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی وجود داشت: $F(2, 86) = 20.29; p < .001$. ضریب تاثیر مربع اتای جزئی نیز نشان از تفاوت آماری زیاد داشت ($\eta p2 = .32$) (Creswell & Creswell, 2018). این نتایج همچنین از نمای نموداری نمرات پس آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی مشهود است که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ - میانگین نهایی تخمینی نمرات پس آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی

بمنظور بررسی این مهم که این تفاوت دقیقا بین کدام دو گروه وجود داشت، آزمون زوجی توکی اجرا شد که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ - مقایسات دوبدوی نمرات پس آزمون عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی سه گروه

گروه (الف)	گروه (ب)	تفاوت میانگین (الف-ب)	خطای استاندارد	سطح معنی داری آماری	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای تفاوت میانگین	
					حد پائین	حد بالا
تجربی اول	تجربی دوم	-۰/۷۵	۰/۲۱	۰/۰۰	-۱/۲۸	-۰/۲۲
	کنترل	۰/۶۳	۰/۲۱	۰/۰۱	۰/۱۰	۱/۱۶
تجربی دوم	تجربی اول	۰/۷۵	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۲۲	۱/۲۸
	کنترل	۱/۳۸	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۸۵	۱/۹۱
کنترل	تجربی اول	-۰/۶۳	۰/۲۱	۰/۰۱	-۱/۱۶	-۰/۱۰
	تجربی دوم	-۱/۳۸	۰/۲۱	۰/۰۰	-۱/۹۱	-۰/۸۵

ملاحظات: گروه تجربی اول: آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور؛ گروه تجربی دوم: آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی؛ گروه کنترل: آموزش سنتی زیست شناسی

نتایج جدول ۶ نشان داد که تفاوت آماری معنی داری بین گروه تجربی دوم و دو گروه دیگر وجود دارد ($p < .001$). اگرچه نتیجه مشابهی بین گروه تجربی اول و گروه کنترل یافت شد، گروه تجربی اول نتوانست از حیث بهبود عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی از گروه تجربی دوم عملکرد بهتری داشته باشد. بنابراین، گروه تجربی دوم که تحت آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی قرار گرفته بود، در مقایسه با سایر گروه ها، عملکرد بهتری در این ارتباط نشان داد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی بر اصلاح تصورات غلط و ارتقای عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته علوم تجربی بود. اهمیت این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که تصورات غلط علمی، به‌ویژه در مفاهیم بنیادین زیست‌شناسی مانند انتقال پیام عصبی، تنظیم هورمونی و ایمنی، معمولاً مقاوم، پایدار و مانع یادگیری معنادار هستند. از سوی دیگر، پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های هوش مصنوعی فرصت‌های نوینی را برای شخصی‌سازی آموزش و ارائه بازخورد فوری فراهم کرده است. بنابراین، مقایسه نظام‌مند آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی با روش سنتی می‌تواند به روشن‌تر شدن مسیر بهبود کیفیت آموزش زیست‌شناسی کمک کند. افزون بر این، در نظام‌های آموزشی که همچنان بر انتقال یک‌سویه محتوا تأکید دارند، بررسی تجربی رویکردهای جایگزین می‌تواند مبنایی علمی برای بازنگری در سیاست‌ها و برنامه‌های درسی فراهم آورد. این پژوهش تلاش کرد با اتکا به طراحی شبه‌تجربی و کنترل نسبی متغیرهای مزاحم، تصویری روشن از میزان تأثیر هر یک

از این رویکردها ارائه دهد و نشان دهد که آیا تلفیق اصول نظری تغییر مفهومی با فناوری‌های نوین می‌تواند به تحول در یادگیری مفاهیم پیچیده زیست‌شناسی بینجامد یا خیر.

پرسش نخست پژوهش این بود که آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی، چه تأثیری بر تصورات غلط زیست‌شناسی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی دارد؟ نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که هر دو روش مبتنی بر تغییر مفهومی، چه در قالب معلم‌محور و چه مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با روش سنتی به کاهش معنادار تصورات غلط منجر شده‌اند و در این میان، گروه مبتنی بر هوش مصنوعی بیشترین میزان کاهش را نشان داد. این یافته نشان می‌دهد که ایجاد تعارض شناختی هدفمند، همراه با بازخورد هدایت‌گر و فرصت بازاندیشی، می‌تواند ساختارهای مفهومی نادرست را به‌طور مؤثرتری اصلاح کند. به بیان دیگر، زمانی که دانش‌آموز ناگزیر می‌شود نابسندگی باور پیشین خود را در پرتو شواهد علمی درک کند و هم‌زمان راهنمایی کافی برای بازسازی مفهوم دریافت نماید، احتمال تغییر پایدار مفهومی افزایش می‌یابد. برتری نسبی گروه هوش مصنوعی را می‌توان با ویژگی‌هایی چون بازخورد فوری، انطباق با پاسخ‌های فردی و تکرار بدون خستگی فرایند هدایت شناختی تبیین کرد؛ عواملی که در کلاس‌های پرجمعیت سنتی کمتر با این دقت و استمرار قابل تحقق‌اند.

پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های اخیرحلیم و همکاران (۲۰۱۸) ،کوماناداش و همکاران (۲۰۲۳) ،لیمپروس و همکاران (۲۰۱۵) ، ماچووا و الِر (۲۰۲۳)؛ پارتاثاراتی (۲۰۲۰)، سوهرتو و همکاران (۲۰۱۹).

در حوزه تغییر مفهومی همخوانی دارد؛ برای مثال، مطالعاتی که نشان داده‌اند راهبردهای مبتنی بر تعارض شناختی و گفت‌وگوی هدایت‌شده موجب بازسازی عمیق‌تر مفاهیم علمی می‌شوند و همچنین پژوهش‌هایی که به اثربخشی سامانه‌های آموزشی هوشمند و بازخورد شخصی‌سازی‌شده در کاهش خطاهای مفهومی اشاره کرده‌اند، با نتایج این تحقیق همسو هستند؛ زیرا در هر دو مورد تأکید بر فعال بودن یادگیرنده و دریافت بازخورد متناسب با پاسخ فردی است. افزون بر این، در برخی تحقیقات حوزه آموزش علوم تجربی گزارش شده است که زمانی که یادگیرنده درگیر تبیین، مقایسه و استدلال می‌شود، احتمال ماندگاری یادگیری افزایش می‌یابد؛ یافته‌ای که با نتایج مشاهده‌شده در این پژوهش سازگار است. هم‌راستایی نتایج حاضر با این بدنه پژوهشی، اعتبار بیرونی یافته‌ها را تقویت می‌کند و نشان می‌دهد که اصول نظری تغییر مفهومی، در صورت اجرای دقیق، در بافت آموزشی مورد مطالعه نیز کارآمد بوده‌اند.

در تبیین تطبیقی این یافته با ادبیات پیشین، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه راهبردهای تغییر مفهومی به‌طور کلی بر تدریس سنتی برتری دارند، اما سازوکار اجرای آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان ماندگاری و عمق تغییر دارد. یافته‌های حاضر با نتایج پژوهش‌های فِراست (۲۰۲۱) و سهارتو و همکاران (۲۰۱۹) که بر کارآمدی روش‌های تعارض شناختی و نقشه‌کشی مفهومی در کاهش خطاهای علمی تأکید کرده بودند، هم‌راستاست؛ زیرا در

پژوهش حاضر نیز گروه معلم‌محور کاهش معناداری در تصورات غلط نسبت به گروه سنتی نشان داد. همچنین، این نتیجه مؤید هشدارهای علویان (۲۰۲۶)، پارتاساراتی (۲۰۲۰) و وسنیادو (۲۰۲۰) است که نشان داده بودند بدون مداخله فعالانه و مواجهه مستقیم با باورهای شهودی (نظیر مسیر پیام عصبی، ایمنی و بازتاب‌ها)، آموزش سنتی قادر به شکستن ساختارهای غلط شناختی نیست (Kumandaş et al., 2023).

با این حال، تفاوت و نوآوری بارز یافته‌های این پژوهش در مقایسه با مطالعات حلیم و همکاران (۲۰۱۸) و ماچووا و الر (۲۰۲۳)، در برتری معنادار گروه تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی نسبت به گروه معلم‌محور نهفته است. در حالی که نصیرپور و زارع (۲۰۲۰) و ماچووا و الر (۲۰۲۳) نشان داده بودند که محدودیت‌های عملیاتی کلاس واقعی (نظیر کمبود زمان، ازدحام کلاس و ناتوانی معلم در پایش هم‌زمان همه دانش‌آموزان) اثربخشی روش‌های معلم‌محور را کاهش می‌دهد، مداخله مبتنی بر هوش مصنوعی در این پژوهش توانست این خلأ را پوشش دهد. در واقع، در تضاد با ابزارهای ایستا و شبیه‌سازی‌های یک‌طرفه پیشین سوسانتی (۲۰۱۸)، سیستم هوشمند به کار رفته با بهره‌گیری از بازخورد سقراطی و تشخیصی آنی عبدالرحمان و همکاران (۲۰۲۰) و اودن و همکاران (۲۰۲۳)به هر دانش‌آموز اجازه داد تا تعارض شناختی را متناسب با سرعت و نوع خطای ادراکی خود حل کند؛ عاملی که مانع از بروز شکست در تغییر مفهومی شد (مسئله‌ای که گوراریس و همکاران (۲۰۲۴) به عنوان نقطه ضعف تعارض‌های شناختی غیراختصاصی گزارش کرده بودند).

پرسش دوم پژوهش این بود که آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی، در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی، چه تأثیری بر عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته علوم تجربی دارد؟ نتایج نشان داد که هر دو گروه آزمایشی در مقایسه با گروه کنترل عملکرد تحصیلی بالاتری در پس‌آزمون داشتند و گروه آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی بالاترین میانگین نمره را کسب کرد. این امر نشان می‌دهد که کاهش تصورات غلط نه‌تنها به اصلاح درک مفهومی منجر می‌شود، بلکه می‌تواند به بهبود توانایی پاسخ‌گویی به سؤالات تحلیلی و کاربردی نیز بینجامد. به بیان دیگر، زمانی که بنیان مفهومی دانش‌آموز اصلاح می‌شود، عملکرد او در مواجهه با پرسش‌های جدید و موقعیت‌های ناآشنا نیز ارتقا می‌یابد. این یافته بر پیوند عمیق میان فهم مفهومی و موفقیت تحصیلی تأکید دارد و نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری آموزشی بر اصلاح ساختارهای شناختی، پیامدهای مثبت در ارزیابی‌های رسمی نیز خواهد داشت.

یافته‌های مربوط به پرسش دوم با پژوهش‌هایی

عبدالرحمان و همکاران (۲۰۲۰) ، گرا-ریز و همکاران (۲۰۲۴)، گورل و همکاران (۲۰۱۵)، حلیم و همکاران (۲۰۱۸) همسو است که نشان داده‌اند آموزش مبتنی بر تغییر مفهومی و استفاده از فناوری‌های هوشمند آموزشی می‌تواند یادگیری عمیق‌تر و عملکرد تحصیلی بهتر را به دنبال داشته باشد. برای مثال، مطالعاتی که گزارش کرده‌اند

بازخورد فوری و شخصی‌سازی‌شده موجب افزایش درک مفهومی و انتقال یادگیری می‌شود، با نتایج این تحقیق هم‌راستا هستند، زیرا در هر دو حالت، یادگیری فراتر از حفظ مطالب و به سطح تحلیل و کاربرد ارتقا یافته است. همچنین برخی تحقیقات در حوزه یادگیری تطبیقی نشان داده‌اند که تنظیم سطح دشواری پرسش‌ها بر اساس عملکرد فردی می‌تواند به تثبیت بهتر مفاهیم و افزایش نمرات آزمون منجر شود؛ موضوعی که با ساختار مداخله مبتنی بر هوش مصنوعی در این پژوهش هم‌خوان است.

مقایسه تفصیلی نتایج آزمون پیشرفت تحصیلی با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که ارتقای عملکرد تحصیلی حاصل از روش هوش مصنوعی تنها یک افزایش سطحی در حفظیات نبوده، بلکه ناشی از عمق فهم مفهومی و انتقال یادگیری است. این یافته همسو با گوراریس و همکاران (۲۰۲۴)، گورل و همکاران (۲۰۱۵) و حلیم و همکاران (۲۰۱۸) است که نشان داده بودند اصلاح پایه‌های مفهومی مستقیماً توانایی حل مسئله و پاسخ‌گویی به سوالات تحلیلی را ارتقا می‌دهد. با این حال، در پژوهش حاضر تفاوت آشکاری میان عملکرد گروه هوش مصنوعی و دو گروه دیگر مشاهده شد.

برخلاف پژوهش‌های متمرکز بر آموزش سنتی یا رسانه‌های غیرهوشمند که افزایش نمرات را عمدتاً ناشی از تکرار و تمرین ساده می‌دانند (Susanti, 2018). برتری گروه هوش مصنوعی در این پژوهش با قابلیت شخصی‌سازی سطح دشواری، بازخورد توضیحی فوری و هدایت پرسش‌گری تعاملی تبیین می‌شود؛ امری که با الگوهای مطرح‌شده توسط عبدالرحمان و همکاران (۲۰۲۰) و لیمپیروس و همکاران (۲۰۱۵) کاملاً هم‌خوانی دارد. این مقایسه تجربی خلأ پژوهشی مطرح‌شده توسط رجایی (۲۰۲۶) را پاسخ می‌دهد و اثبات می‌کند که ادغام اصول نظری تغییر مفهومی در یک بستر تعاملی هوش مصنوعی، به‌دلیل فراهم آوردن فرصت تمرین بازاندیشانه متناسب با سطح فراگیر اودن و همکاران(۲۰۲۳)، بازده تحصیلی بالاتری نسبت به روش‌های سنتی و حتی روش‌های معلم‌محورِ بدون پشتیبانی فناورانه ایجاد می‌کند.

بطور خلاصه، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر آموزش تغییر مفهومی مبتنی بر هوش مصنوعی در مقایسه با آموزش تغییر مفهومی معلم‌محور و آموزش سنتی بر اصلاح تصورات غلط و ارتقای عملکرد تحصیلی زیست‌شناسی دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته علوم تجربی انجام شد. یافته‌ها نشان داد که هر دو رویکرد مبتنی بر تغییر مفهومی در مقایسه با آموزش سنتی به طور معناداری در اصلاح تصورات غلط و افزایش عملکرد در پس‌آزمون مؤثرتر بودند و در میان آن‌ها، رویکرد مبتنی بر هوش مصنوعی بیشترین میزان تأثیر را نشان داد. این نتایج بر نقش اساسی ایجاد تعارض شناختی هدفمند، بازسازی هدایت‌شده مفاهیم و ارائه بازخورد به‌موقع در شکل‌گیری تغییر مفهومی پایدار تأکید می‌کند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که به‌کارگیری اصول تغییر مفهومی، به‌ویژه زمانی که با فناوری‌های هوشمند

و سازگار با ویژگی‌های فردی یادگیرندگان همراه شود، می‌تواند به طور قابل توجهی کیفیت یادگیری در آموزش زیست‌شناسی دوره متوسطه دوم را ارتقا دهد.

یافته‌های این پژوهش دارای اشارات ضمنی مهمی در سطوح آموزشی، نظری و روش‌شناختی برای ذی‌نفعان مختلف از جمله دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم، دبیران زیست‌شناسی، طراحان کتاب‌های درسی، سیاست‌گذاران آموزشی و طراحان برنامه‌های درسی است. از منظر آموزشی، نتایج نشان می‌دهد که حرکت از آموزش انتقال‌محور به سوی راهبردهایی که به طور فعال تصورات غلط دانش‌آموزان را آشکار و به چالش می‌کشند، می‌تواند به درک عمیق‌تر مفاهیم زیستی منجر شود. برای معلمان، استفاده از فعالیت‌های ساختارمند تغییر مفهومی و بهره‌گیری از سامانه‌های بازخورد هوشمند می‌تواند اثربخشی تدریس را به‌ویژه در موضوعات مفهومی پیچیده‌ای مانند انتقال پیام عصبی، تنظیم هورمونی و ایمنی افزایش دهد. برای طراحان کتاب‌های درسی و برنامه‌های آموزشی نیز نتایج بر ضرورت گنجاندن فعالیت‌های مبتنی بر شناسایی تصورات غلط، پرسش‌های تشخیصی دو مرحله‌ای و موقعیت‌های تعارض شناختی در محتوای آموزشی تأکید دارد. در سطح سیاست‌گذاری، نتایج می‌تواند از سرمایه‌گذاری در محیط‌های یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی و برنامه‌های توانمندسازی معلمان برای اجرای رویکردهای تغییر مفهومی حمایت کند. از نظر نظری نیز یافته‌ها مؤید دیدگاه‌های سازنده‌گرایانه در یادگیری بوده و شواهد تجربی برای هم‌افزایی میان نظریه تغییر مفهومی و فناوری‌های آموزشی تطبیقی فراهم می‌آورد. از منظر روش‌شناختی نیز این پژوهش نشان داد که استفاده از طرح‌های شبه‌تجربی و تحلیل کوواریانس می‌تواند ابزار مناسبی برای بررسی مداخلات آموزشی در بافت واقعی مدرسه باشد.

با وجود دستاوردهای این پژوهش، مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی نیز همراه بود. نمونه پژوهش به دانش‌آموزان دختر یک بافت آموزشی خاص محدود بود و این موضوع ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را به سایر جمعیت‌ها از جمله دانش‌آموزان پسر یا مناطق دیگر محدود کند. همچنین، طرح شبه‌تجربی پژوهش اگرچه برای محیط‌های واقعی کلاس درس مناسب است، اما امکان تصادفی‌سازی کامل شرکت‌کنندگان را فراهم نمی‌کند. مدت زمان مداخله نیز نسبتاً کوتاه بود و تنها بر برخی مباحث کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم تمرکز داشت؛ بنابراین ممکن است اثرات بلندمدت یا انتقال یادگیری به سایر مفاهیم به طور کامل آشکار نشده باشد. علاوه بر این، هرچند تلاش شد روایی و پایایی ابزارهای تشخیصی و آزمون پیشرفت تحصیلی به‌دقت بررسی شود، اما محدودیت‌های اندازه‌گیری که در پژوهش‌های آموزشی رایج است ممکن است بر نتایج تأثیر گذاشته باشد. همچنین متغیرهایی مانند میزان آشنایی قبلی دانش‌آموزان با ابزارهای دیجیتال به طور کامل کنترل نشده بود.

پژوهش‌های آینده می‌توانند این خط تحقیق را با انجام مطالعات مشابه در نمونه‌های متنوع‌تر شامل دانش‌آموزان با جنسیت‌ها، پایه‌های تحصیلی و زمینه‌های آموزشی متفاوت گسترش دهند تا تعمیم‌پذیری یافته‌ها افزایش یابد. انجام پژوهش‌های طولانی مدت نیز می‌تواند به بررسی پایداری تغییر مفهومی و تأثیر آن بر مسیرهای تحصیلی بلندمدت

کمک کند. همچنین بررسی طراحی‌های متفاوت سامانه‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی، از جمله مقایسه سطوح مختلف سازگاری، تعامل‌پذیری و میزان راهنمایی شناختی، می‌تواند درک دقیق‌تری از نحوه بهینه‌سازی این فناوری‌ها در آموزش علوم فراهم آورد. استفاده از رویکردهای پژوهش آمیخته که داده‌های کیفی مانند مصاحبه با دانش‌آموزان و مشاهده کلاس درس را نیز دربرگیرد، می‌تواند بینش عمیق‌تری درباره فرایندهای شناختی و انگیزشی دانش‌آموزان در طی تغییر مفهومی ارائه دهد. در نهایت، بررسی تعامل میان آموزش معلمان، هم‌ترازی برنامه درسی و زیرساخت‌های فناورانه می‌تواند به طراحی مدل‌های مؤثرتر برای ادغام رویکردهای تغییر مفهومی و سامانه‌های یادگیری هوشمند در آموزش زیست‌شناسی کمک کند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده این مقاله مسئولیت اجرا و نگارش مقاله را بر عهده داشت.

تشکر و قدردانی

از سردبیر محترم و داوران گرانقدر مجله پژوهش در آموزش زیست شناسی تقدیر و تشکر میکنم که با نظرات ارزشمند خود بر کیفیت و وضوح مقاله حاضر افزودند. این کار بدون دریافت هرگونه حمایت مالی از نهاد یا سازمانی انجام شده است و امیدوار هستم نتایج تحقیق حاضر از نقطه نظر کاربردی برای دبیران زیست شناسی مقطع متوسطه دوم و همچنین مربی معلمان گرامی دانشگاه فرهنگیان مفید واقع شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسنده بیان نشده است

منابع

Abdulrahaman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V., Imam-Fulani, Y. O., Fahm, A. O., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. *Heliyon*, *6*(11), Article e05312. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05312

Alavian, F. (2026). The effect of the memory-retrieval (mnemonic) teaching method on learning upper-secondary biology concepts: A case study [In Persian]. *Research in Biology Education*, *6*(1), 40–60. https://bioedu.cfu.ac.ir/article_4924.html

Andariana, A., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Suarsini, E. (2020). Identification of biology students' misconceptions in human anatomy and physiology course through three-tier diagnostic test. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *8*(3), 1071–1085. https://doi.org/10.17478/jegys.752438

Brownell, S. E., & Kloser, M. J. (2015). Toward a conceptual framework for measuring the effectiveness of course-based undergraduate research experiences in undergraduate biology. *Studies in Higher Education*, *40*(3), 525–544. https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1004234

Buntine, M. A., Burke da Silva, K., Kable, S., Lim, K., Pyke, S., Read, J., ... & Yeung, A. (2020). Perceptions and misconceptions about the undergraduate laboratory from chemistry, physics and biology academics. International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 28(4), 1–15. http://doi.org/10.30722/ijisme.28.04.001

Chen, C., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Sunbury, S. (2020). The impact of high school life science teachers' subject matter knowledge and knowledge of student misconceptions on students' learning. *CBE—Life Sciences Education*, *19*(1), Article ar9. https://doi.org/10.1187/cbe.19-08-0164

Ferasat, H. (2021). Developing the structure of biology education using concept maps [In Persian]. Iranian Journal of Biology, 5(10), 101–110. https://sid.ir/paper/1043305/fa

Guerra-Reyes, F., Guerra-Dávila, E., Naranjo-Toro, M., Basantes-Andrade, A., & Guevara-Betancourt, S. (2024). Misconceptions in the learning of natural sciences: A systematic review. Education Sciences, 14(5), Article 497. https://doi.org/10.3390/educsci14050497

Gurel, D. K., Eryılmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. Education Transformation Journal, 1(2), 1–14. Retrieved from https://open.metu.edu.tr/handle/11511/3895

Halim, A. S., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Olsen, L. J., Gere, A. R., & Shultz, G. V. (2018). Identifying and remediating student misconceptions in introductory biology via writing-to-learn assignments and peer review. CBE—Life Sciences Education, 17(2), Article ar28. https://doi.org/10.1187/cbe.17-10-0212

Herak, R., Mahanal, S., Zubaidah, S., & Novianti, V. (2025). Exploring misconceptions in biology learning: A systematic literature review. Salud, Ciencia y Tecnología, 5, Article 1743. https://doi.org/10.56294/saludcyt20251743

Kumandaş, B., Ateskan, A., & Lane, J. (2019). Misconceptions in biology: A meta-synthesis study of research, 2000–2014. Journal of Biological Education, 53(4), 350–364. https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1490798

Limperos, A. M., Buckner, M. M., Kaufmann, R., & Frisby, B. N. (2015). Online teaching and technological affordances: An experimental investigation into the impact of modality and clarity on perceived and actual learning. Computers & Education, 83, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.015

Machová, M., & Ehler, E. (2023). Secondary school students' misconceptions in genetics: Origins and solutions. Journal of Biological Education, 57(3), 633–646. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136

Nasirpour, A., & Zare, Z. (2020). A comparison of the effectiveness of concept-map instruction and the lecture method in teaching biology [In Persian]. Research in Biology Education, 2(2), 19–28. https://bioedu.cfu.ac.ir/article_1697.html

Osanloo, R., Kawkabian, Z., Maghsoudi, S. S., & Sayadi, T. (2026). The effectiveness of an inquiry-based approach in learning, reducing misconceptions of biology concepts, and enhancing student motivation [In Persian]. Research in Biology Education, 6(1), 27–39. https://journals.cfu.ac.ir/article_4995.html

Parthasarathy, J. (2023). Content analysis of biology textbooks across selected educational boards of Asia for misconceptions and elements of conceptual change towards learning 'cell structure.' Cogent Education, 10(2), Article 2283640. https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2283640

Potvin, P. (2023). Response of science learners to contradicting information: A review of research. Studies in Science Education, 59(1), 67–108. https://doi.org/10.1080/03057267.2021.2004006

Queloz, A. C., Klymkowsky, M. W., Stern, E., Hafen, E., & Köhler, K. (2017). Diagnostic of students' misconceptions using the Biological Concepts Instrument (BCI): A method for conducting an educational needs assessment. PLOS ONE, 12(5), Article e0176906. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176906

Rajaei, S. M. (2026). Assessment and comparison of the plant awareness disparity index between female and male upper-secondary school students in District 4 of Isfahan [In Persian]. Research in Biology Education, 6(1), 15–26. https://bioedu.cfu.ac.ir/article_4925.html

Schmidt, J. A., Kafkas, S. S., Maier, K. S., Shumow, L., & Kackar-Cam, H. Z. (2019). Why are we learning this? Using mixed methods to understand teachers' relevance statements and how they shape middle school students' perceptions of science utility. Contemporary Educational Psychology, 57, 9–31. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.08.005

Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., & Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 8(2), 247–266. https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18649

Susanti, R. (2018). Misconception of biology education students of te acher training and education of Sriwijaya University to the concept of photosynthesis and respiration. Journal of Physics: Conference Series, 1022(1), Article 012056. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012056

Uden, L., Sulaiman, F., Ching, G. S., & Rosales, J. J. (2023). Integrated science, technology, engineering, and mathematics project-based learning for physics learning from neuroscience perspectives. Frontiers in Psychology, 14, Article 1136246. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136246

Vosniadou, S. (2020). Students' misconceptions and science education. In K. Hytten (Ed.), Oxford research encyclopedia of education. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.965

Yates, T. B., & Marek, E. A. (2014). Teachers teaching misconceptions: A study of factors contributing to high school biology students' acquisition of biological evolution-related misconceptions. Evolution: Education and Outreach, 7(1), Article 1. https://doi.org/10.1186/s12052-014-0007-2