



## The Role of Artificial Intelligence in Transforming Science Education: With an Emphasis on Biology Education

Z. Dehghan<sup>\*1</sup>, Sh. Lotfipanah<sup>2</sup>, U. Pourdahandeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>, Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran (Corresponding Author).

<sup>2</sup>, Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran

<sup>3</sup>, Ministry of Education, Region 5 Education Department, Tehran, Iran

### ABSTRACT

#### Keywords:

- . Artificial Intelligence
- . Science Education
- . Biology Education
- . Generative AI
- . Personalized Learning

#### Corresponding author:

z.dehghan@cfu.ac.ir

#### Received:

2026/02/05

#### Revised:

2026/02/21

#### Accepted:

2026/02/21

#### Publisher:

Farhangian University

#### Article type:

Research Article

**Background and Objectives:** The rapid development of artificial intelligence (AI), particularly generative AI, has created new opportunities for transforming science education. Biology education, due to the conceptual complexity and dynamic nature of biological processes, is a field with considerable potential for the purposeful integration of AI. This study aimed to examine the role of AI in transforming science education, with particular emphasis on its applications, emerging teaching-learning models, teacher roles, opportunities, challenges, and ethical considerations in biology education.

**Methods:** This study employed an analytical narrative review. Relevant scientific studies, review papers, conceptual publications, and policy documents published primarily between 2020 and 2026 were identified through targeted searches of Web of Science, Scopus, ERIC, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, PubMed, and Google Scholar. Relevant UNESCO documents were also examined. Following title and abstract screening and full-text assessment, 17 sources were included in the final synthesis, of which 10 studies with more direct relevance to the research questions were selected for deeper analysis. Data were extracted using a researcher-developed form and analyzed through qualitative content analysis and narrative synthesis based on an integrated framework incorporating constructivism, TPACK, and a human-centered approach to AI in education.

**Findings:** The synthesis indicated that AI can support personalized learning, educational content development, immediate feedback, learning analytics, simulation, research-oriented activities, instructional design, and teacher professional development. In biology education, these capabilities can support learning of complex and abstract concepts, inquiry, scientific reasoning, and research activities. The findings also indicated a shift from technology-centered applications toward pedagogically purposeful and human-centered integration. Teachers increasingly function as designers, facilitators, evaluators, and supervisors of AI-supported learning. However, challenges including inaccurate or unreliable outputs, algorithmic bias, privacy concerns, unequal access, learner dependency, and insufficient AI literacy remain significant.

**Conclusion:** AI should be considered a complementary pedagogical mediator rather than a replacement for teachers or learners' cognitive processes. Effective integration requires appropriate pedagogical design, teacher and learner empowerment, scientific validation of AI-generated content, and ethical and policy frameworks. Further empirical and longitudinal research, particularly in biology education and the Iranian educational context, is needed to determine the long-term educational effects and conditions for effective AI integration..

**Citation (APA):** Dehghan, Z., Lotfipanah, Sh. Pourdahandeh, U. (2026). The Role of Artificial Intelligence in Transforming Science Education: With an Emphasis on Biology Education. . *The Journal of Teaching Experiences*, 5(2), 66-87



<https://doi.org/10.12345/tej.12.10.112>

## فصلنامه تجارب معلمی



## نقش هوش مصنوعی در تحول آموزش علوم با تأکید بر آموزش زیست‌شناسی

زینب دهقان<sup>۱\*</sup>، شیرین لطفی پناه<sup>۲</sup>، اورانوس پوردهنده<sup>۳</sup>

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

۲. گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

۳. وزارت آموزش و پرورش، اداره آموزش و پرورش منطقه ۵ تهران، ایران

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** گسترش هوش مصنوعی، به‌ویژه هوش مصنوعی مولد، فرصت‌های جدیدی برای تحول آموزش علوم فراهم کرده است. آموزش زیست‌شناسی به دلیل ماهیت مفهومی و پیچیده خود، می‌تواند از قابلیت‌های این فناوری بهره‌مند شود. هدف پژوهش حاضر، تحلیل نقش، کاربردها، فرصت‌ها و چالش‌های هوش مصنوعی در تحول آموزش علوم با تأکید بر آموزش زیست‌شناسی بود.

**روش‌ها:** این پژوهش با روش مرور روایتی تحلیلی انجام شد. منابع علمی و اسناد سیاستی مرتبط با هوش مصنوعی، آموزش علوم و آموزش زیست‌شناسی در پایگاه‌های علمی معتبر بررسی شدند. پس از غربالگری منابع، ۱۷ منبع برای سنتز روایی و ۱۰ مطالعه محوری برای تحلیل عمیق‌تر انتخاب شد. داده‌ها با استفاده از فرم استخراج پژوهشگرساخته گردآوری و از طریق کدگذاری و سازمان‌دهی مضامین تحلیل شدند. چارچوب تحلیلی پژوهش بر سازنده‌گرایی، TPACK و رویکرد انسان‌محور به هوش مصنوعی استوار بود.

## واژه‌های کلیدی:

• هوش مصنوعی،  
• آموزش علوم،  
• آموزش زیست‌شناسی،  
• هوش مصنوعی مولد،  
• یادگیری شخصی‌سازی شده.

## ۱. رایانامه:

z.dehghan@cfu.ac.ir

## تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۱۱/۱۶

## تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۱۲/۰۲

## تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۱۲/۰۲

ناشر: دانشگاه فرهنگیان

نویسندگان.

## نوع مقاله: پژوهشی

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که هوش مصنوعی در آموزش زیست‌شناسی عمدتاً در زمینه‌های شخصی‌سازی یادگیری، تولید محتوا، بازخورددهی، یادگیری پژوهش‌محور، شبیه‌سازی، تحلیل داده‌های یادگیری و طراحی آموزشی کاربرد دارد. در مقابل، خطاهای اطلاعاتی، وابستگی یادگیرندگان، حریم خصوصی، نابرابری دسترسی و نیاز به ارتقای سواد هوش مصنوعی معلمان از مهم‌ترین چالش‌ها بودند.

**نتیجه‌گیری:** هوش مصنوعی ظرفیت پشتیبانی از آموزش و یادگیری زیست‌شناسی را دارد؛ با این حال، اثربخشی آن به کیفیت طراحی آموزشی، تخصص معلم و نحوه استفاده از فناوری وابسته است. بنابراین، استفاده مسئولانه از آن مستلزم توانمندسازی معلمان، ارزیابی انتقادی خروجی‌ها و حفظ رویکرد انسان‌محور است.

استناد به این مقاله: دهقان، زینب؛ لطفی پناه، شیرین؛ پوردهنده، اورانوس (۱۴۰۵) نقش هوش مصنوعی در تحول آموزش علوم با تأکید بر آموزش زیست‌شناسی، نشریه تجارب معلمی، ۵ (۲) ۶۶-۸۷

<https://doi.org/10.48310/istt.2025.20771.1177>

## مقدمه

تحول سریع فناوری‌های دیجیتال، به‌ویژه پیشرفت‌های هوش مصنوعی<sup>۱</sup>، چشم‌انداز آموزش را دستخوش تغییر کرده است. توسعه فناوری‌هایی مانند یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و هوش مصنوعی مولد<sup>۲</sup>، کاربردهای هوش مصنوعی را از خودکارسازی برخی فعالیت‌های آموزشی به حوزه‌هایی مانند شخصی‌سازی یادگیری، تحلیل داده‌های آموزشی، تولید محتوا، ارزشیابی و ارائه بازخورد گسترش داده است (چن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ زاواکی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ یونسکو<sup>۵</sup>، ۲۰۲۳). ظهور مدل‌های زبانی بزرگ نیز امکان تعامل گفت‌وگومحور، تولید محتوای آموزشی و پشتیبانی از فعالیت‌های یادگیری و پژوهشی را افزایش داده است.

آموزش علوم و به‌ویژه زیست‌شناسی، به دلیل ماهیت مفهومی، پویا و چندسطحی مفاهیم خود، زمینه مناسبی برای بهره‌گیری هدفمند از این فناوری‌ها فراهم می‌کند. مفاهیمی مانند فرایندهای سلولی و مولکولی، ژنتیک، فیزیولوژی و بوم‌شناسی نیازمند تفسیر شواهد، مدل‌سازی، ارتباط میان سطوح مختلف سازمان زیستی و استدلال علمی هستند. از این رو، هوش مصنوعی می‌تواند به‌عنوان ابزار پشتیبان در توضیح مفاهیم، تولید و مقایسه بازنمایی‌ها، شبیه‌سازی موقعیت‌های یادگیری، تحلیل داده‌های آموزشی و پژوهشی و ارائه بازخورد مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات اخیر نیز نمونه‌هایی از کاربرد GenAI در فعالیت‌های پژوهشی، طراحی آموزشی و یادگیری زیست‌شناسی ارائه کرده‌اند (میلن<sup>۶</sup>، ۲۰۲۵؛ گنزالس<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۵؛ لیزاواتی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۲۵).

با این حال، ارزش آموزشی هوش مصنوعی صرفاً به قابلیت‌های فنی آن وابسته نیست و به نحوه ادغام آن در فرایند یاددهی-یادگیری بستگی دارد. در این زمینه، چارچوب مفهومی پژوهش حاضر بر یک زنجیره چهارسطحی استوار است: «قابلیت فناوری → طراحی پداگوژیکی → نقش معلم و یادگیرنده → پیامد آموزشی». بر اساس این چارچوب، قابلیت‌هایی مانند تولید محتوا، تعامل گفت‌وگومحور، تحلیل داده و شبیه‌سازی، زمانی می‌توانند به یادگیری معنادار منجر شوند که در قالب فعالیت‌های مناسب مانند یادگیری پژوهش‌محور، حل مسئله، کاوشگری، یادگیری شخصی‌سازی‌شده و بازاندیشی سازمان‌دهی شوند. در این فرایند، معلم نقش طراح و ناظر و یادگیرنده نقش فعال و ارزیاب خروجی‌های هوش مصنوعی را بر عهده دارد. بنابراین، پیامدهای آموزشی AI به کیفیت طراحی پداگوژیکی، تخصص موضوعی، عاملیت یادگیرنده و نظارت انسانی وابسته است (گنزالس<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۲۵؛ میلن<sup>۱۰</sup>، ۲۰۲۵؛ یونسکو<sup>۱۱</sup>، ۲۰۲۳).

این دیدگاه با رویکرد انسان‌محور یونسکو<sup>۱۲</sup> (2023) همخوان است که بر حفظ عاملیت انسان، عدالت، حریم خصوصی، شفافیت و استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی در آموزش تأکید دارد. از این منظر، نقش معلم با گسترش AI حذف نمی‌شود، بلکه به سمت طراحی تجربه‌های یادگیری، ارزیابی اعتبار اطلاعات، هدایت تفکر

<sup>1</sup> Artificial Intelligence; AI

<sup>2</sup> Generative Artificial Intelligence; GenAI

<sup>3</sup> Chen

<sup>4</sup> Zawacki-Richter

<sup>5</sup> UNESCO

<sup>6</sup> Millen

<sup>7</sup> Gonzales

<sup>8</sup> Lizawati

<sup>9</sup> Gonzales

<sup>10</sup> Millen

<sup>11</sup> UNESCO

<sup>12</sup> UNESCO

انتقادی و نظارت بر استفاده مسئولانه از فناوری تغییر می‌کند. در آموزش زیست‌شناسی، این موضوع اهمیت بیشتری دارد؛ زیرا خطاهای تولیدشده توسط AI در موضوعاتی مانند ژنتیک، سلامت، زیست‌فناوری و بوم‌شناسی می‌توانند به شکل‌گیری برداشت‌های علمی نادرست منجر شوند. از این‌رو، سواد هوش مصنوعی و توانایی راستی‌آزمایی خروجی‌های آن باید بخشی از شایستگی معلمان و سواد علمی و دیجیتال دانش‌آموزان تلقی شود (یونسکو<sup>۱</sup>، ۲۰۲۳؛ نوویانا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۶؛ جی یونگ و کی وون<sup>۳</sup>، ۲۰۲۶).

در کنار این فرصت‌ها، چالش‌هایی مانند تولید اطلاعات نادرست، سوگیری الگوریتمی، حریم خصوصی، نابرابری دسترسی، وابستگی یادگیرنده و آمادگی ناکافی معلمان، ادغام مؤثر AI در آموزش را با محدودیت مواجه می‌کنند. همچنین، بخش قابل‌توجهی از پژوهش‌های موجود در حوزه آموزش AI بر آموزش عالی، کاربردهای عمومی یا ابزارهای خاص متمرکز بوده و شواهد اختصاصی درباره آموزش زیست‌شناسی، به‌ویژه درباره پیامدهای بلندمدت و شرایط اثربخشی، هنوز محدود است.

بر این اساس، مقاله حاضر با رویکرد مرور روایتی تحلیلی، پژوهش‌های مرتبط با نقش هوش مصنوعی در تحول آموزش علوم را با تأکید بر آموزش زیست‌شناسی بررسی و تلفیق می‌کند. تمرکز اصلی مقاله بر چهار محور شامل کاربردها و کارکردهای آموزشی AI، الگوهای نوین یاددهی-یادگیری، نقش معلم و یادگیرنده، و فرصت‌ها، چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی و سیاستی است. در نهایت، بر اساس سنتز مطالعات، چارچوبی مفهومی برای تبیین شرایطی که در آن AI می‌تواند به جای تولید صرف پاسخ، به تقویت یادگیری، پژوهشگری و تفکر انتقادی در آموزش زیست‌شناسی کمک کند، ارائه می‌شود.

### چارچوب نظری و مفهومی پژوهش

پژوهش حاضر برای تحلیل نقش هوش مصنوعی در آموزش علوم، به‌ویژه زیست‌شناسی، بر چارچوبی تلفیقی شامل سه دیدگاه مکمل استوار است: سازنده‌گرایی، دانش محتوایی-پداگوژیک-فناورانه و رویکرد انسان‌محور به هوش مصنوعی در آموزش.

از منظر سازنده‌گرایی، یادگیری فرایندی فعال است که از طریق تعامل یادگیرنده با مسئله، منابع و محیط شکل می‌گیرد. بر این اساس، ارزش آموزشی هوش مصنوعی صرفاً در ارائه پاسخ نیست، بلکه در ایجاد فرصت برای پرسشگری، کاوش، دریافت بازخورد، مقایسه شواهد و بازاندیشی است. این دیدگاه در آموزش زیست‌شناسی، که مستلزم تفسیر شواهد و ارتباط میان مفاهیم پیچیده و فرایندهای زیستی است، اهمیت ویژه‌ای دارد.

چارچوب TPACK نیز بر تعامل دانش محتوایی، پداگوژیک و فناورانه معلم تأکید دارد. بر این اساس، استفاده مؤثر از هوش مصنوعی زمانی تحقق می‌یابد که ابزار فناوری با ماهیت محتوای زیست‌شناسی، اهداف یادگیری، راهبردهای تدریس و ویژگی‌های یادگیرندگان متناسب باشد. بنابراین، استفاده از AI به‌خودی‌خود تضمین‌کننده بهبود یادگیری نیست، بلکه کیفیت طراحی آموزشی و تخصص معلم در انتخاب و به‌کارگیری فناوری اهمیت اساسی دارد.

در کنار این دو دیدگاه، رویکرد انسان‌محور به هوش مصنوعی بر حفظ عاملیت انسان، عدالت آموزشی، شفافیت، حریم خصوصی و مسئولیت‌پذیری تأکید دارد. این رویکرد با اصول مطرح‌شده در راهنمای یونسکو

<sup>1</sup> UNESCO

<sup>2</sup> Noviana

<sup>3</sup> Jeong & Kwon

<sup>4</sup> TPACK

درباره هوش مصنوعی مولد در آموزش و پژوهش همسو است (یونسکو<sup>۱</sup>، ۲۰۲۳). بر این اساس، هوش مصنوعی باید به‌عنوان ابزاری مکمل در خدمت اهداف آموزشی و تربیتی قرار گیرد، نه جایگزینی برای معلم یا فرایندهای شناختی یادگیرنده.

بر مبنای تلفیق این سه دیدگاه، در پژوهش حاضر هوش مصنوعی به‌عنوان یک «میانجی فناورانه-پداگوژیک» در نظر گرفته شد که پیامدهای آموزشی آن حاصل تعامل میان قابلیت‌های فناوری، طراحی آموزشی، محتوای تخصصی زیست‌شناسی و نقش هدایت‌گر معلم است. این چارچوب، مبنای تحلیل و سازمان‌دهی یافته‌های مرور قرار گرفت و امکان بررسی کاربردهای AI را بر اساس کارکرد آموزشی، زمینه زیست‌شناختی، فرایند یادگیری، نقش معلم و پیامدهای آموزشی فراهم کرد.

## روش مطالعه

پژوهش حاضر یک مرور روایتی تحلیلی است که با هدف تحلیل و سنتز یافته‌های پژوهش‌های منتشرشده درباره نقش و کاربردهای هوش مصنوعی در تحول آموزش علوم، با تأکید بر آموزش زیست‌شناسی، انجام شد. هدف پژوهش، برآورد کمی اثربخشی یا محاسبه اندازه اثر نبود، بلکه شناسایی و تفسیر روندها، کارکردهای آموزشی، کاربردهای تخصصی، الگوهای نوین یاددهی-یادگیری، نقش معلم، فرصت‌ها، چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی و سیاستی بود.

سؤال اصلی پژوهش این بود: هوش مصنوعی چه نقشی در تحول آموزش علوم دارد و کاربردهای آن در آموزش زیست‌شناسی، الگوهای نوین یاددهی-یادگیری، نقش معلم و فرصت‌ها و چالش‌های مرتبط با آن چگونه تبیین شده‌اند؟ بر این اساس، منابع در چهار حوزه شامل کارکردهای AI در آموزش، کاربردهای آن در آموزش علوم و زیست‌شناسی، الگوهای نوین یاددهی-یادگیری و نقش معلم، و ملاحظات اخلاقی و سیاستی بررسی شدند.

جستجوی هدفمند منابع در پایگاه‌های ScienceDirect، ERIC، Scopus، Web of Science، IEEE Xplore، SpringerLink و PubMed و Google Scholar انجام شد. همچنین، اسناد سیاستی و گزارش‌های معتبر، به‌ویژه منابع UNESCO، بررسی شدند. بازه اصلی جستجو سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ بود؛ با این حال، منابع بنیادی پیش از ۲۰۲۰ در صورت ارتباط مستقیم با موضوع نیز وارد بررسی شدند. کلیدواژه‌هایی مانند Artificial Intelligence، Generative AI، Biology، Science Education، Education، Virtual Learning Analytics، Personalized Learning، Biology Teaching، Laboratory، ChatGPT و STEM Education با استفاده از AND و OR به کار رفتند. بررسی منابع و استنادهای مطالعات مرتبط نیز برای شناسایی منابع تکمیلی انجام شد.

فرایند انتخاب در سه مرحله غربالگری عنوان و چکیده، بررسی ارتباط محتوایی و ارزیابی متن کامل انجام گرفت. معیارهای ورود شامل ارتباط با AI و آموزش علوم یا زیست‌شناسی، انتشار در منابع علمی یا سازمانی معتبر، زبان فارسی یا انگلیسی، دسترسی به اطلاعات کافی و برخورداری از شواهد یا مبنای نظری مرتبط بود. منابع تکراری، فاقد ارتباط کافی، غیرقابل اعتبارسنجی و مطالعات صرفاً فنی فاقد ارتباط آموزشی حذف شدند. در نهایت، ۱۷ منبع واجد شرایط برای سنتز نهایی شناسایی شد.

از میان این منابع، ۱۰ مطالعه محوری برای تحلیل عمیق‌تر انتخاب شدند. این انتخاب آماری نبود و بر اساس ارتباط مستقیم با سؤال پژوهش، تمرکز آموزشی، ارتباط با علوم یا زیست‌شناسی، تازگی، تنوع

<sup>1</sup> UNESCO

روش‌شناختی و ارائه شواهد مرتبط با محورهای پژوهش انجام شد. سایر منابع نظری، مروری و سیاستی برای تکمیل مبانی و تفسیر یافته‌ها به کار رفتند.

برای استخراج و مقایسه اطلاعات، فرم پژوهشگرساخته‌ای شامل مشخصات کتاب‌شناختی، سال انتشار، هدف و روش مطالعه، جامعه یا زمینه پژوهش، نوع و قابلیت AI، یافته‌ها و پیامدهای آموزشی، و محدودیت‌ها و الزامات کاربرد فناوری تهیه شد. اطلاعات استخراج‌شده چندین بار بازبینی و میان مطالعات مقایسه شد و ماهیت واقعی منابع تجربی، مروری و سیاستی در تحلیل حفظ شد.

تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل محتوای کیفی و سنتز روایتی انجام شد. ابتدا کدهای اولیه از یافته‌های مطالعات استخراج و سپس کدهای مرتبط در مضامین مشترک سازمان‌دهی شدند. در نهایت، هشت محور اصلی شامل تحول آموزش علوم، کاربردهای آموزشی AI، کاربردهای آن در آموزش زیست‌شناسی، الگوهای نوین یاددهی-یادگیری، نقش و شایستگی‌های معلم، فرصت‌ها، چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی، سیاستی و حرفه‌ای شکل گرفت.

در تفسیر یافته‌ها، نوع مطالعه، زمینه پژوهش، ویژگی جامعه، وجود گروه مقایسه یا کنترل، مدت مداخله، نوع پیامد و محدودیت‌های مطالعات مورد توجه قرار گرفت. همچنین میان یافته‌های مطالعات تجربی و ادعاهای مطالعات مروری، مفهومی و سیاستی تمایز گذاشته شد و نتایج حاصل از یک مطالعه به کل ادبیات تعمیم داده نشد.

سنتز مضامین بر اساس چارچوب نظری تلفیقی شامل سازنده‌گرایی، TPACK و رویکرد انسان‌محور به AI انجام شد. بر این اساس، کاربردهای AI از نظر نقش آن در فعالیت فعال و کاوشگرانه یادگیرنده، تناسب فناوری با محتوای زیست‌شناسی و اهداف آموزشی، و نیز عاملیت یادگیرنده، نقش معلم، عدالت، حریم خصوصی و مسئولیت‌پذیری بررسی شدند. در این چارچوب، AI به‌عنوان یک میانجی فناورانه-پداگوژیکی در نظر گرفته شد، نه صرفاً مجموعه‌ای از ابزارهای فناورانه.

با توجه به ماهیت مرور روایتی، فراتحلیل، محاسبه اندازه اثر و آزمون‌های آماری انجام نشد و توافق بین کدگذاران نیز محاسبه نگردید. برای افزایش دقت، داده‌های استخراج‌شده و مضامین چندین بار بازبینی و با سؤال پژوهش و چارچوب نظری تطبیق داده شدند. در گزارش نتایج نیز میان یافته مستقیم مطالعات، تفسیر نویسندگان و استنتاج حاصل از سنتز چند منبع تمایز حفظ شد.

## یافته‌ها و بحث

### ۴-۱ ویژگی مطالعات بررسی‌شده و روندهای پژوهشی در زمینه هوش مصنوعی و آموزش علوم

مرور تحلیلی منابع منتخب نشان داد که پژوهش‌های هوش مصنوعی در آموزش از تمرکز اولیه بر کاربردهای فنی، مانند سیستم‌های آموزش هوشمند، یادگیری تطبیقی و تحلیل داده‌ها، به سمت پیامدهای آموزشی، تعامل انسان-هوش مصنوعی، نقش معلم و ملاحظات اخلاقی حرکت کرده‌اند (چن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ زاواکی ریچتر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). با گسترش هوش مصنوعی مولد، توجه پژوهش‌ها نیز به تولید محتوا، یادگیری پژوهش‌محور،

<sup>1</sup> Chen

<sup>2</sup> Zawacki-Richter

تربیت معلم و همکاری انسان-هوش مصنوعی افزایش یافته است (گنزالس<sup>۱</sup> و همکاران ، ۲۰۲۵؛ میلی<sup>۲</sup>، ۲۰۲۵؛ جی یونگ و کی وون<sup>۳</sup>، ۲۰۲۶).

این روند بیانگر حرکت از رویکرد فناوری محور به رویکردی پداگوژیک و انسان محور است؛ رویکردی که بر استفاده هدفمند و مسئولانه از AI، حفظ عاملیت انسان، عدالت، حریم خصوصی و نظارت انسانی تأکید دارد (یونسکو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۳).

از نظر حوزه مطالعه نیز منابع تنوع داشتند؛ برخی به کاربردهای عمومی AI در آموزش پرداخته‌اند، در حالی که مطالعاتی مانند گنزالس<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۵)، میلی<sup>۶</sup> (۲۰۲۵)، لیزاواتی و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۲۵)، نوویانا<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۲۶) و جی یونگ و کی وون<sup>۹</sup> (۲۰۲۶) شواهد مستقیم‌تری درباره آموزش زیست‌شناسی و تربیت معلم زیست‌شناسی ارائه کرده‌اند. منابعی مانند (۲۰۲۳) یونسکو<sup>۱۰</sup> (۲۰۲۳)، کوتسیز<sup>۱۱</sup> (۲۰۲۶) و تپیل<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۲۶) نیز برای تبیین ابعاد حرفه‌ای، اخلاقی و انسان محور AI مورد استفاده قرار گرفتند.

بر این اساس، مطالعات محوری انتخاب‌شده در این مرور، طیفی از پژوهش‌های مروری، تجربی، کیفی و اعتبارسنجی را دربر می‌گیرند. جدول ۱ مشخصات ۱۰ مطالعه محوری را که ارتباط مستقیم‌تری با سؤال پژوهش داشتند، نشان می‌دهد. سایر منابع در تحلیل نظری، تفسیر یافته‌ها و بررسی ابعاد اخلاقی، حرفه‌ای و میان‌رشته‌ای به کار گرفته شدند.

جدول ۱. مطالعات محوری مورد استفاده در سنتز روایی

| ردیف | نویسنده                | سال  | حوزه مطالعه              | نوع مطالعه/منبع     | مهم‌ترین یافته مرتبط با پژوهش                                                                                                                                  |
|------|------------------------|------|--------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Chen et al.            | 2020 | هوش مصنوعی در آموزش      | مقاله مروری         | کاربردهای AI در آموزش شامل شخصی‌سازی یادگیری، سیستم‌های آموزش هوشمند، ارزشیابی و تحلیل داده‌های آموزشی است.                                                    |
| 2    | Zawacki-Richter et al. | 2019 | هوش مصنوعی در آموزش عالی | مرور نظام‌مند       | کاربردهای AI در آموزش عالی شامل پیش‌بینی و تحلیل یادگیری، ارزشیابی، سیستم‌های تطبیقی و پشتیبانی از یادگیری است و بر توجه بیشتر به نقش educators تأکید شده است. |
| 3    | Gonzales et al.        | 2025 | آموزش زیست‌شناسی         | مطالعه تجربی آموزشی | ادغام GenAI در یک الگوی PAIRR زمینه‌ای برای تعامل                                                                                                              |

<sup>1</sup> Gonzales

<sup>2</sup> Millen

<sup>3</sup> Jeong & Kwon

<sup>4</sup> UNESCO

<sup>5</sup> Gonzales

<sup>6</sup> Millen

<sup>7</sup> Lizawati

<sup>8</sup> Noviana

<sup>9</sup> Jeong and Kwon

<sup>10</sup> UNESCO

<sup>11</sup> Kotsis

<sup>12</sup> Tipple

|                                                    |                 |      |                                  |                               |                                                                                                                                         |  |
|----------------------------------------------------|-----------------|------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| همسالان، بازخورد AI و بازاندیشی یادگیری فراهم کرد. |                 |      |                                  |                               |                                                                                                                                         |  |
| 4                                                  | Millen          | 2025 | آموزش زیست‌شناسی                 | مطالعه تجربی آموزشی           | شبیه‌سازی مصاحبه با استفاده از GenAI فرصتی برای تمرین مهارت‌های پژوهشی و ارتباط علمی دانشجویان زیست‌شناسی فراهم کرد.                    |  |
| 5                                                  | Lizawati et al. | 2026 | آموزش زیست‌شناسی دبیرستان        | مطالعه اعتبارسنجی کمی         | ابزار سنجش استفاده از GenAI در یادگیری زیست‌شناسی از روایی محتوایی و پایایی مناسبی برخوردار بود.                                        |  |
| 6                                                  | Noviana et al.  | 2026 | تربیت معلم زیست‌شناسی            | مطالعه تجربی                  | عوامل مرتبط با پذیرش فناوری و نگرش نسبت به GenAI در پذیرش آن توسط دانشجومعلمان زیست‌شناسی اهمیت دارند.                                  |  |
| 7                                                  | Jeong & Kwon    | 2026 | تربیت معلم زیست‌شناسی            | مطالعه آموزشی                 | ادغام GenAI در تربیت معلم زیست‌شناسی با آمادگی معلمان آینده برای محیط‌های آموزشی دیجیتال و طراحی آموزشی مرتبط است.                      |  |
| 8                                                  | Tipple et al.   | 2026 | آموزش STEM و نقش معلم            | مطالعه کیفی با نظریه زمینه‌ای | تجربه و آشنایی معلمان با GenAI و نگرانی درباره سوگیری و موانع اجرایی بر برداشت و پذیرش آموزشی آن تأثیر می‌گذارد.                        |  |
| 9                                                  | Asih et al.     | 2026 | آموزش تربیت بدنی و سواد اکولوژیک | مطالعه شبه‌آزمایشی            | یک برنامه مبتنی بر حرکت و پشتیبانی‌شده با AI با بهبود سواد اکولوژیک و مهارت‌های کاوشگری همراه بود.                                      |  |
| 10                                                 | Lai             | 2026 | یادگیری زبان و AI                | مطالعه شبه‌آزمایشی            | آموزش ترکیبی مبتنی بر AI با بهبود برخی ابعاد عملکرد گفتاری و تاب‌آوری فراشناختی و اجتماعی همراه بود، اما اثرات در همه ابعاد یکسان نبود. |  |

## ۲-۴ کارکردهای اصلی هوش مصنوعی در آموزش زیست‌شناسی

سنتز مطالعات نشان داد که کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش از شخصی‌سازی یادگیری و بازخورد تا تولید محتوا، تحلیل داده، فعالیت‌های پژوهشی و طراحی آموزشی گسترده است. در ادبیات عمومی آموزش، شخصی‌سازی، سیستم‌های آموزش هوشمند و تحلیل یادگیری از مهم‌ترین کاربردهای AI گزارش شده‌اند (چن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ زاواکی ریچتر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

در آموزش زیست‌شناسی، این قابلیت‌ها می‌توانند برای توضیح مفاهیم پیچیده، پرسش‌گری، دریافت بازخورد و طراحی فعالیت‌های کاوشی به کار روند. هوش مصنوعی مولد نیز امکان تولید محتوا، پرسش، سناریو و

<sup>1</sup> Chen

<sup>2</sup> Zawacki-Richter



فعالیت‌های آموزشی را فراهم می‌کند؛ با این حال، اعتبار علمی خروجی‌ها باید توسط معلم بررسی شود (یونسکو<sup>۱</sup>، ۲۰۲۳).

شواهد تخصصی زیست‌شناسی نیز بر کاربردهای فراتر از تولید محتوا تأکید دارند. میلن<sup>۲</sup> (۲۰۲۵) از GenAI برای شبیه‌سازی مصاحبه پژوهشی و تمرین مهارت‌های پژوهشی استفاده کرد، در حالی که گنزالس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۵) ادغام بازخورد AI با تعامل همسالان و بازاندیشی را در چارچوب PAIRR بررسی کردند. در مجموع، شواهد بیشتر از کاربرد پداگوژیک، هدفمند و هدایت‌شده هوش مصنوعی در آموزش زیست‌شناسی حمایت می‌کنند.

بر اساس این سنتز، قابلیت‌های اصلی AI و کاربردهای مرتبط با آموزش زیست‌شناسی در جدول ۲ سازمان‌دهی شده‌اند.

جدول ۲. قابلیت‌های اصلی هوش مصنوعی، کاربردهای آن در آموزش زیست‌شناسی و پیامدهای آموزشی

| ردیف | قابلیت هوش مصنوعی                                     | کاربرد در آموزش زیست‌شناسی                                                | پیامد آموزشی                                             |
|------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ۱    | هوش مصنوعی مولد (ChatGPT) و ابزارهای مشابه            | توضیح و تبیین مفاهیم سلولی، ژنتیک، فیزیولوژی و اکولوژی                    | پشتیبانی از یادگیری مفهومی و دسترسی سریع به توضیحات      |
| ۲    | هوش مصنوعی مولد                                       | تولید سناریوهای آموزشی، پرسش، فعالیت و آزمون                              | تسهیل طراحی آموزشی و کاهش زمان آماده‌سازی محتوا          |
| ۳    | سیستم‌های آموزش هوشمند (Intelligent Tutoring Systems) | ارائه آموزش و تمرین متناسب با سطح و نیاز یادگیرنده                        | پشتیبانی از یادگیری شخصی‌سازی‌شده                        |
| ۴    | آزمایشگاه‌های مجازی و شبیه‌سازی مبتنی بر AI           | شبیه‌سازی فرایندها و آزمایش‌های زیست‌شناسی                                | فراهم کردن فرصت کاوش و تقویت مهارت‌های علمی و آزمایشگاهی |
| ۵    | تحلیل یادگیری (Learning Analytics)                    | تحلیل عملکرد، پاسخ‌ها و الگوهای یادگیری دانش‌آموزان                       | بهبود تصمیم‌گیری آموزشی و شناسایی نیازهای یادگیری        |
| ۶    | بازخورد هوشمند (AI Feedback)                          | شناسایی خطاهای مفهومی و ارائه بازخورد سریع درباره فعالیت‌های یادگیری      | پشتیبانی از اصلاح خطا و یادگیری مستمر                    |
| ۷    | یادگیری تطبیقی (Adaptive Learning)                    | تنظیم محتوا، سطح دشواری و مسیر یادگیری متناسب با عملکرد یادگیرنده         | کاهش شکاف یادگیری و افزایش تناسب آموزش با نیازهای فردی   |
| ۸    | تولید محتوای چندرسانه‌ای با AI                        | تولید تصاویر، سناریوها، توضیحات و منابع آموزشی درباره فرایندهای زیستی     | افزایش تنوع و جذابیت منابع یادگیری                       |
| ۹    | شبیه‌سازی و مدل‌سازی فرایندهای زیستی                  | نمایش فرایندهای پویا و پیچیده مانند متابولیسم، بیان ژن و روابط بوم‌شناختی | تسهیل درک مفاهیم انتزاعی و تقویت تفکر مدل‌محور           |
| ۱۰   | پشتیبانی از یادگیری پژوهش‌محور                        | شبیه‌سازی مصاحبه پژوهشی، کمک به طرح پرسش و تحلیل اطلاعات علمی             | تقویت مهارت‌های پژوهشی، پرسشگری و استدلال علمی           |

<sup>1</sup> UNESCO

<sup>2</sup> Millen

<sup>3</sup> Gonzales

|    |                                             |                                                               |                                                   |
|----|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| ۱۱ | هوش مصنوعی در یادگیری مشارکتی و گفت‌وگومحور | ایجاد موقعیت‌های گفت‌وگو، حل مسئله و فعالیت گروهی با پشتیبانی | افزایش مشارکت و تعامل یادگیرندگان                 |
| AI |                                             |                                                               |                                                   |
| ۱۲ | هوش مصنوعی در ارزشیابی آموزشی               | تولید و تحلیل سؤال، بررسی پاسخ‌ها و ارائه بازخورد             | پشتیبانی از ارزشیابی تکوینی و پایش پیشرفت یادگیری |

نکته مهم در تفسیر این جدول آن است که همه قابلیت‌های ذکرشده دارای شواهد تجربی مستقیم در آموزش زیست‌شناسی نیستند. برخی از آن‌ها، مانند شخصی‌سازی و تحلیل داده، از ادبیات گسترده‌تر AI در آموزش پشتیبانی می‌شوند؛ در حالی که شواهد مستقیم‌تری درباره کاربرد GenAI در فعالیت‌های زیست‌شناسی، تربیت معلم زیست‌شناسی و فعالیت‌های پژوهشی در مطالعات گنزالس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۵)، میلن<sup>۲</sup> (۲۰۲۵)، نوویانا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۶) و جی یونگ و کی وون<sup>۴</sup> (۲۰۲۶) مشاهده می‌شود. بنابراین، این جدول باید به‌عنوان سنتز تحلیلی قابلیت‌ها و کاربردهای بالقوه و مستند تفسیر شود، نه به‌عنوان شواهدی که اثربخشی همه کاربردها را به یک اندازه اثبات کرده باشند.

### ۳-۴ نقش هوش مصنوعی در ارتقای یادگیری مفهومی و پژوهش‌محور زیست‌شناسی

یکی از مضامین مهم مطالعات، تغییر نقش AI از منبع دریافت پاسخ به ابزار پشتیبان فرایند یادگیری است. این موضوع در آموزش زیست‌شناسی اهمیت دارد؛ زیرا یادگیری این رشته علاوه بر کسب اطلاعات، به پرسش‌گری، تفسیر شواهد، استدلال و ارتباط میان مفاهیم نیاز دارد.

هوش مصنوعی مولد می‌تواند با فراهم کردن تعامل چندمرحله‌ای، به یادگیرنده در دریافت توضیح، بررسی دیدگاه‌های مختلف و مقایسه پاسخ‌ها با منابع علمی کمک کند. در این صورت، AI می‌تواند یادگیری را از دریافت منفعل اطلاعات به سمت ارزیابی و بازسازی دانش سوق دهد.

میلن<sup>۵</sup> (۲۰۲۵) با استفاده از GenAI در شبیه‌سازی مصاحبه پژوهشی، امکان تمرین برخی مهارت‌های پژوهشی و ارتباطی را فراهم کرد. همچنین گنزالس<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که ترکیب AI با تعامل همسالان و بازاندیشی در چارچوب PAIRR می‌تواند از یادگیری فعال حمایت کند. بنابراین، اثربخشی آموزشی AI بیش از آنکه به خود فناوری وابسته باشد، به نحوه طراحی و هدایت فعالیت یادگیری بستگی دارد.

### ۴-۴ الگوهای نوین یاددهی-یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی

سنتز مطالعات نشان داد که ادغام AI با آموزش به ظهور مجموعه‌ای از الگوهای جدید یاددهی-یادگیری منجر شده است. در این الگوها، فناوری جایگزین معلم یا یادگیرنده نیست، بلکه در شبکه‌ای از تعامل میان یادگیرنده، معلم، همسالان و فناوری قرار می‌گیرد.

#### ۴-۴-۱ یادگیری شخصی‌سازی شده

یادگیری شخصی‌سازی شده یکی از قدیمی‌ترین و پایدارترین حوزه‌های کاربرد AI در آموزش است. سیستم‌های هوشمند می‌توانند با استفاده از داده‌های مربوط به عملکرد یادگیرنده، فعالیت‌ها یا محتوای متفاوتی پیشنهاد

<sup>1</sup> Gonzales

<sup>2</sup> Millen

<sup>3</sup> Noviana

<sup>44</sup> Jeong and Kwon

<sup>5</sup> Millen

<sup>6</sup> Gonzales

کنند (چن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ زاواکی ریچتر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). در آموزش زیست‌شناسی، چنین رویکردی می‌تواند برای ارائه توضیحات متفاوت درباره مفاهیم دشوار یا پیشنهاد تمرین‌های متناسب با سطح دانش‌آموز استفاده شود.

با این حال، شخصی‌سازی الگوریتمی نباید با شخصی‌سازی تربیتی یکسان تلقی شود. تصمیم درباره نیازهای یادگیرنده همچنان به تفسیر معلم و شناخت زمینه آموزشی نیاز دارد.

#### ۲-۴-۴ یادگیری پژوهش‌محور

مطالعه میلن<sup>۳</sup> (۲۰۲۵) نشان می‌دهد که GenAI می‌تواند در برخی فعالیت‌های پژوهشی به‌عنوان ابزار تمرین و شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گیرد. در آموزش زیست‌شناسی، این قابلیت می‌تواند برای تمرین طرح سؤال، شبیه‌سازی گفت‌وگوی علمی یا آماده‌سازی اولیه برای فعالیت پژوهشی به کار رود. اما اصل اساسی آن است که AI نباید جایگزین مشاهده، جمع‌آوری داده، آزمایش، ارزیابی شواهد و استدلال علمی شود. در نتیجه، AI در یادگیری پژوهش‌محور باید نقش پشتیبان داشته باشد.

#### ۳-۴-۴ یادگیری مشارکتی و PAIRR

مطالعه گنزالس<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۵) اهمیت ترکیب AI با تعامل انسانی را نشان می‌دهد. در این الگو، دانش‌آموز صرفاً با AI تعامل نمی‌کند، بلکه بازخورد آن را در تعامل با همسالان و فرایند بازاندیشی قرار می‌دهد. چنین رویکردی با دیدگاه انسان‌محور درباره AI سازگارتر است؛ زیرا فناوری در خدمت فرایند اجتماعی یادگیری قرار می‌گیرد.

#### ۴-۴-۴ AI به‌عنوان شریک یادگیری

برخی کاربردهای GenAI امکان گفت‌وگوی مداوم میان یادگیرنده و سیستم را فراهم می‌کنند. با وجود این، استفاده از اصطلاح «شریک یادگیری» باید با احتیاط صورت گیرد؛ زیرا AI فاقد جایگاه تربیتی، مسئولیت حرفه‌ای و قضاوت انسانی معلم است. بنابراین، مناسب‌تر است AI را شریک فناورانه یا دستیار یادگیری تلقی کنیم که در چارچوبی طراحی‌شده توسط معلم فعالیت می‌کند.

#### ۵-۴-۴ یادگیری ترکیبی مبتنی بر AI

یافته لای<sup>۵</sup> (۲۰۲۶) در حوزه EFL نشان می‌دهد که ادغام AI در آموزش ترکیبی می‌تواند بر برخی ابعاد عملکرد یادگیری و تاب‌آوری اثرگذار باشد، اما اثرات در همه ابعاد یکسان نیست. این یافته میان‌رشته‌ای یک پیام مهم برای آموزش علوم دارد: نباید انتظار داشت استفاده از AI به‌صورت یکسان همه ابعاد یادگیری را بهبود دهد. نوع ابزار، هدف آموزشی، طراحی فعالیت و ویژگی یادگیرنده تعیین می‌کنند که چه پیامدی حاصل شود.

#### ۵-۴-۵ نقش و شایستگی‌های تحول‌یافته معلم در عصر هوش مصنوعی

یکی از مضامین مشترک منابع، تداوم اهمیت نقش معلم در محیط‌های آموزشی مبتنی بر AI است. در مطالعات اولیه، تمرکز بیشتر بر فناوری و یادگیرنده بود و نقش معلم کمتر مورد توجه قرار گرفت (زاواکی ریچتر<sup>۶</sup> و

<sup>1</sup> Chen

<sup>2</sup> Zawacki-Richter

<sup>3</sup> Millen

<sup>4</sup> Gonzales

<sup>5</sup> Lai

<sup>6</sup> Zawacki-Richter

همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعات جدیدتر، معلم به عنوان طراح، تسهیل گر، ارزیاب و ناظر فرایند یادگیری مورد تأکید قرار گرفته است.

این نقش جدید مستلزم شایستگی‌هایی مانند سواد هوش مصنوعی، ارزیابی انتقادی خروجی‌ها، تشخیص خطا و سوگیری، طراحی فعالیت‌های مناسب و رعایت اصول اخلاقی و حریم خصوصی است. جی یونگ و کی وون<sup>۱</sup> (۲۰۲۶) بر آماده‌سازی معلمان آینده برای استفاده از GenAI در آموزش زیست‌شناسی تأکید کرده‌اند و نوویانا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۶) نیز نقش نگرش و عوامل پذیرش فناوری را در استفاده دانشجومعلمان زیست‌شناسی از GenAI نشان داده‌اند. همچنین تیپل<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۶) بر تأثیر تجربه معلمان و نگرانی‌های مربوط به سوگیری و موانع اجرایی تأکید دارند. در همین راستا، اوزتورک<sup>۴</sup> (۲۰۲۶) نیز نشان می‌دهد که عوامل انگیزشی و ادراک کاربران از فناوری، از جمله سودمندی و سهولت استفاده، در شکل‌گیری پذیرش فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نقش دارند.

از سوی دیگر، استفاده اثربخش از AI نیازمند بازطراحی نقش‌های حرفه‌ای و برنامه‌های آموزشی متناسب با همکاری انسان و هوش مصنوعی است. پپیتو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۶) در چارچوب همکاری انسان-هوش مصنوعی بر ضرورت بازطراحی برنامه‌های آموزشی و تقویت شایستگی‌های لازم برای تعامل مسئولانه و مؤثر با سامانه‌های هوشمند تأکید کرده‌اند. این دیدگاه می‌تواند در آموزش زیست‌شناسی نیز به معنای بازنگری در برنامه‌های تربیت معلم و توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای متناسب با محیط‌های یادگیری مجهز به AI باشد. در مجموع، دسترسی به ابزارهای AI به تنهایی کافی نیست و توسعه حرفه‌ای معلمان باید ابعاد فنی، پداگوژیک، انتقادی و اخلاقی را دربرگیرد. این یافته با رویکرد انسان‌محور یونسکو<sup>۶</sup> (۲۰۲۳) همسو است و نشان می‌دهد که در آموزش زیست‌شناسی، AI باید در خدمت نقش حرفه‌ای و هدایت گر معلم قرار گیرد.

#### ۶-۴ فرصت‌ها و چالش‌های به کارگیری هوش مصنوعی در آموزش زیست‌شناسی

سنتز منابع نشان داد که فرصت‌های AI را می‌توان در چهار سطح یادگیری، تدریس، پژوهش و توسعه حرفه‌ای دسته‌بندی کرد. شخصی‌سازی و بازخورد در سطح یادگیری، تولید محتوا و طراحی فعالیت در سطح تدریس، پشتیبانی از فعالیت‌های پژوهشی و شبیه‌سازی در سطح پژوهش، و توسعه شایستگی‌های AI در سطح حرفه‌ای از مهم‌ترین ظرفیت‌ها بودند (چن<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ میلن<sup>۸</sup>، ۲۰۲۵؛ جی یونگ و کی وون<sup>۹</sup>، ۲۰۲۶). در مقابل، چالش‌ها شامل صحت اطلاعات، سوگیری، حریم خصوصی، نابرابری دسترسی، وابستگی یادگیرنده و آمادگی ناکافی معلمان است (یونسکو<sup>۱۰</sup>، ۲۰۲۳؛ تیپل<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۶). احتمال تولید اطلاعات نادرست در موضوعات تخصصی زیست‌شناسی، مانند ژنتیک، سلامت و زیست‌فناوری، اهمیت راستی‌آزمایی و نظارت معلم را افزایش می‌دهد.

<sup>1</sup> Jeong and Kwon

<sup>2</sup> Noviana

<sup>3</sup> Tipple

<sup>4</sup> Öztürk

<sup>5</sup> Pepito

<sup>6</sup> UNESCO

<sup>7</sup> Chen

<sup>8</sup> Millen

<sup>9</sup> Jeong & Kwon

<sup>10</sup> UNESCO

<sup>11</sup> Tipple

همچنین، نابرابری در دسترسی به زیرساخت‌های دیجیتال می‌تواند به شکاف آموزشی منجر شود؛ از این رو، استفاده مسئولانه از AI باید با توجه به عدالت آموزشی و شرایط سازمانی همراه باشد. یونسکو<sup>۱</sup> (۲۰۲۳) یافته‌های آسی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۶) نیز ظرفیت AI را در پشتیبانی از یادگیری و سواد اکولوژیک نشان می‌دهد، هرچند تعمیم مستقیم این نتایج به آموزش زیست‌شناسی نیازمند احتیاط است.

جدول ۳. فرصت‌ها، چالش‌ها و راهبردهای پیشنهادی برای به‌کارگیری هوش مصنوعی در آموزش

#### زیست‌شناسی

| ردیف | فرصت آموزشی                                         | چالش یا محدودیت                                      | راهبرد پیشنهادی                                                    | منابع پشتیبان                                                     |
|------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ۱    | شخصی‌سازی و سازگار کردن یادگیری با نیازهای فردی     | کیفیت و کفایت داده‌های یادگیری                       | استفاده از داده‌های معتبر و نظارت معلم بر فرایند شخصی‌سازی         | Chen et al., 2020<br>Zawacki-Richter et al., 2019<br>Bara'u, 2026 |
| ۲    | ارائه بازخورد سریع و مستمر                          | وابستگی بیش از حد به یادگیرنده پاسخ‌های AI           | استفاده هدایت‌شده از AI و تقویت یادگیری فعال و تفکر انتقادی        | Chen et al., 2020<br>UNESCO, 2023                                 |
| ۳    | تولید سریع محتوای آموزشی، سؤال و فعالیت             | تولید نادرست و خطاهای علمی                           | اعتبارسنجی علمی محتوا توسط معلم و ارجاع به منابع معتبر             | Rane, UNESCO, 2023<br>2023                                        |
| ۴    | شبیه‌سازی فرایندها و محیط‌های یادگیری علمی          | محدودیت زیرساخت و دسترسی به فناوری                   | توسعه زیرساخت دیجیتال و استفاده ترکیبی از فعالیت‌های واقعی و مجازی | Asih et al., Kotsis, 2026<br>2026                                 |
| ۵    | تحلیل داده‌های یادگیری و پشتیبانی تصمیم‌گیری آموزشی | نگرانی درباره حریم خصوصی و امنیت داده‌ها             | تدوین ضوابط حفاظت از داده و نظارت انسانی                           | Zawacki-Richter et al., UNESCO, 2023<br>2019                      |
| ۶    | افزایش مشارکت و فرصت‌های تعاملی یادگیری             | کاهش یا تضعیف تعامل انسانی                           | حفظ نقش معلم و تلفیق تعامل حضوری با ابزارهای هوش مصنوعی            | UNESCO, 2023<br>Kotsis, 2026                                      |
| ۷    | تقویت یادگیری پژوهش‌محور و مهارت‌های علمی           | محدودیت توانایی AI در قضاوت علمی و تولید شواهد معتبر | استفاده از AI به‌عنوان ابزار پشتیبان پژوهش، نه جایگزین فرایند علمی | Rane, Millen, 2025<br>2023                                        |
| ۸    | پشتیبانی از توسعه حرفه‌ای و طراحی آموزشی معلمان     | ضعف سواد و آمادگی هوش مصنوعی معلمان                  | برنامه‌های توسعه حرفه‌ای مستمر و مبتنی بر نیازهای تخصصی آموزش علوم | Kotsis, Bara'u, 2026<br>Jeong & Kwon, 2026<br>2026                |
| ۹    | افزایش دسترسی به منابع فرصت‌های یادگیری             | نابرابری در دسترسی به فناوری و منابع دیجیتال         | سیاست‌های عدالت آموزشی و حمایت از مدارس و یادگیرندگان کم‌برخوردار  | Tipple, UNESCO, 2023<br>et al., 2026                              |

<sup>۱</sup> UNESCO

<sup>۲</sup> Asih

- حمایت از یادگیری احتمال شکل‌گیری تلفیق AI با آموزش تخصصی Gonzales et al., 2025  
 زیست‌شناسی و برداشت‌های نادرست زیست‌شناسی و نظارت علمی Lizawati et al., 2025  
 مفاهیم پیچیده از مفاهیم زیستی معلم Rane, 2023

#### ۴-۷ ملاحظات اخلاقی، حرفه‌ای و سیاستی

یکی از یافته‌های این مرور آن است که تحول آموزش علوم با AI تنها به کارایی آموزشی محدود نمی‌شود و مسائلی مانند حریم خصوصی، عدالت، سوگیری، شفافیت و عاملیت انسان را نیز دربرمی‌گیرد (یونسکو، ۲۰۲۳). بر رویکردی انسان‌محور تأکید دارد که در آن فناوری در خدمت اهداف آموزشی و انسانی قرار گیرد. این ملاحظات در آموزش زیست‌شناسی، به دلیل ارتباط برخی مباحث با سلامت، ژنتیک، محیط زیست و اطلاعات انسانی، اهمیت بیشتری دارند. بنابراین، دانش‌آموزان باید بیاموزند که خروجی AI را به عنوان اطلاعات قطعی نپذیرند و اعتبار آن را با بررسی منابع، مقایسه پاسخ‌ها و تشخیص خطا ارزیابی کنند. از این منظر، سواد AI بخشی از سواد علمی دانش‌آموزان و شایستگی حرفه‌ای معلمان در آموزش زیست‌شناسی محسوب می‌شود.

#### ۴-۸ چارچوب تلفیقی پیشنهادی برای تحول آموزش زیست‌شناسی

سنتر نهایی منابع نشان می‌دهد که نقش AI در تحول آموزش زیست‌شناسی را می‌توان در قالب یک زنجیره چهارسطحی تبیین کرد:

قابلیت فناوری ← طراحی پداگوژیکی ← نقش معلم و یادگیرنده ← پیامد آموزشی

در این چارچوب، قابلیت‌هایی مانند تولید محتوا، تعامل گفت‌وگو محور، تحلیل داده و پشتیبانی پژوهشی، زمانی به پیامدهای آموزشی منجر می‌شوند که در فعالیت‌های یادگیری فعال، پژوهش محور، شخصی‌سازی شده یا مشارکتی به کار گرفته شوند. در این فرایند، معلم نقش طراح و ناظر و دانش‌آموز نقش یادگیرنده فعال و ارزیاب خروجی‌های AI را بر عهده دارد. پیامدهای مورد انتظار نیز شامل یادگیری مفهومی، مهارت پژوهشی، تفکر انتقادی، مشارکت و سواد AI است.

بنابراین، یافته‌ها نشان می‌دهد که AI به تنهایی عامل تحول آموزشی نیست؛ بلکه اثرگذاری آن به کیفیت طراحی پداگوژیکی، شایستگی معلم و عاملیت یادگیرنده وابسته است (گزنالس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۵؛ میلن<sup>۳</sup>، ۲۰۲۵؛ یونسکو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۳).

#### ۴-۹ نوآوری و دلالت‌های آموزشی مطالعه

نوآوری این مرور در ارائه نگاهی تلفیقی به نقش AI در آموزش زیست‌شناسی است؛ به گونه‌ای که کاربردهای فناوری در ارتباط با الگوهای نوین یاددهی-یادگیری، نقش معلم و الزامات اخلاقی و حرفه‌ای بررسی شده‌اند. در حالی که مطالعات پیشین بیشتر بر کاربردهای عمومی AI در آموزش تمرکز داشته‌اند (چن<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۰؛ زاواکی ریچتر<sup>۶</sup>، ۲۰۱۹)، پژوهش‌های جدیدتر شواهد تخصصی‌تری درباره GenAI در آموزش زیست‌شناسی،

<sup>1</sup> UNESCO

<sup>2</sup> Gonzales

<sup>3</sup> Millen

<sup>4</sup> UNESCO

<sup>5</sup> Chen

<sup>6</sup> Zawacki-Richter

فعالیت‌های پژوهشی و تربیت معلم ارائه کرده‌اند (گنزالس و همکاران، ۲۰۲۵؛ میلن، ۲۰۲۵؛ نوویانا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۶؛ جی یونگ و کی وون<sup>۲</sup>، ۲۰۲۶).

از نظر کاربردی، یافته‌ها نشان می‌دهد که ادغام AI در آموزش زیست‌شناسی نباید به آموزش کار با ابزارها محدود شود، بلکه باید هم‌زمان سواد AI، تفکر انتقادی، راستی‌آزمایی اطلاعات و استفاده اخلاقی و هدفمند از فناوری را تقویت کند. در این زمینه، تربیت معلم زیست‌شناسی نیز باید فرصت تجربه و طراحی فعالیت‌های آموزشی مبتنی بر AI را فراهم سازد (جی یونگ و کی وون<sup>۳</sup>، ۲۰۲۶).

#### ۱-۴ محدودیت‌های مطالعه

با وجود تلاش برای استفاده از منابع معتبر و متنوع، این مطالعه با محدودیت‌هایی همراه است. نخست، پژوهش حاضر یک مرور روایتی تحلیلی است و برخلاف مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌ها، با هدف پوشش کامل همه مطالعات موجود یا برآورد کمی اندازه اثر انجام نشده است. دوم، ادبیات مربوط به هوش مصنوعی مولد در آموزش، به‌ویژه آموزش زیست‌شناسی، همچنان در حال توسعه است و بخشی از مطالعات موجود از نظر حجم نمونه، مدت مداخله و بررسی پیامدهای بلندمدت محدودیت دارند. سوم، بخشی از شواهد از حوزه‌های آموزشی مرتبط اما غیرزیست‌شناختی به دست آمده است؛ بنابراین، تعمیم مستقیم این یافته‌ها به آموزش زیست‌شناسی باید با احتیاط صورت گیرد. همچنین، سرعت بالای تحول فناوری‌های هوش مصنوعی می‌تواند موجب تغییر سریع قابلیت‌ها و محدودیت‌های ابزارهای مورد بررسی شود.

بر این اساس، پژوهش‌های آینده بهتر است با استفاده از طرح‌های تجربی، نیمه‌آزمایشی و طولی، اثربخشی کاربردهای مختلف هوش مصنوعی را در آموزش زیست‌شناسی بررسی کنند. بررسی پیامدهایی مانند یادگیری مفهومی، تفکر انتقادی، مهارت‌های پژوهشی، خودتنظیمی، خلاقیت و سواد هوش مصنوعی، در کنار توجه به ویژگی‌های معلم، نوع ابزار، شیوه طراحی آموزشی و زمینه مدرسه، می‌تواند به شناسایی شرایطی کمک کند که در آن استفاده از هوش مصنوعی بیشترین ارزش آموزشی را ایجاد می‌کند. همچنین انجام مطالعات بومی در زمینه برنامه درسی و شرایط آموزشی ایران می‌تواند به طراحی الگوهای متناسب با نیازهای نظام آموزش علوم کشور کمک کند.

#### پیشنهادهای کاربردی و پژوهشی

بر اساس سنتز تفسیری یافته‌های مطالعات بررسی‌شده، پیشنهادها زیر برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان آموزشی، مراکز تربیت معلم، معلمان و پژوهشگران ارائه می‌شود:

برای نظام آموزشی و سیاست‌گذاران، تدوین چارچوب‌های مشخص برای استفاده مسئولانه و انسان‌محور از هوش مصنوعی ضروری است. این چارچوب‌ها باید موضوعاتی مانند حریم خصوصی، حفاظت از داده‌های آموزشی، اعتبارسنجی محتوای تولیدشده، شفافیت و عدالت در دسترسی را پوشش دهند. توسعه زیرساخت‌های دیجیتال مدارس نیز باید هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد (یونسکو<sup>۴</sup>، ۲۰۲۳؛ تیپل<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۶).

برای برنامه‌های تربیت و توسعه حرفه‌ای معلمان، سواد هوش مصنوعی باید به‌عنوان یکی از شایستگی‌های حرفه‌ای مورد توجه قرار گیرد. آموزش معلمان نباید به مهارت فنی محدود شود، بلکه باید ارزیابی انتقادی

<sup>1</sup> Noviana

<sup>2</sup> Jeong & Kwon

<sup>3</sup> Jeong & Kwon

<sup>4</sup> UNESCO

<sup>5</sup> Tipple

خروجی‌ها، تشخیص خطا و سوگیری، طراحی فعالیت‌های آموزشی و استفاده اخلاقی از AI را نیز دربرگیرد (نوویانا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۶؛ جی یونگ و کی وون<sup>۲</sup>، ۲۰۲۶).

برای معلمان زیست‌شناسی، پیشنهاد می‌شود AI در فعالیت‌های یادگیری فعال، کاوش‌محور، پژوهش‌محور، حل مسئله و شبیه‌سازی به کار گرفته شود و به تولید محتوا یا ارائه پاسخ‌های آماده محدود نشود. اعتبارسنجی علمی خروجی‌ها و هدایت دانش‌آموزان به سوی پرسشگری و استدلال علمی نیز ضروری است (گزنالس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۵؛ میلن<sup>۴</sup>، ۲۰۲۵؛ رین<sup>۵</sup>، ۲۰۲۳).

برای پژوهشگران آینده، انجام مطالعات تجربی، طولی و مقایسه‌ای برای بررسی پیامدهای بلندمدت AI بر یادگیری مفهومی، تفکر انتقادی، خلاقیت، خودتنظیمی و مشارکت یادگیرندگان پیشنهاد می‌شود. همچنین، بررسی نقش نوع ابزار و طراحی آموزشی در تعیین پیامدهای یادگیری می‌تواند به رفع خلأهای پژوهشی موجود کمک کند.

برای پژوهش‌های بومی در ایران، پیشنهاد می‌شود الگوهای ادغام AI در آموزش علوم و زیست‌شناسی متناسب با برنامه درسی، زیرساخت فناوری، شرایط آموزشی و نیازهای معلمان و دانش‌آموزان ایران طراحی و به‌صورت تجربی ارزیابی شوند.

برای برنامه‌های درسی علوم و زیست‌شناسی، ادغام AI بهتر است با اهداف یادگیری علوم، سواد علمی، تفکر انتقادی، پژوهشگری و حل مسئله پیوند داده شود. در این رویکرد، «یادگیری با هوش مصنوعی»، «یادگیری درباره هوش مصنوعی» و «یادگیری برای استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی» باید به‌صورت مکمل مورد توجه قرار گیرند.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی ظرفیت قابل‌توجهی برای حمایت از تحول آموزش علوم و زیست‌شناسی دارد، اما تحقق این ظرفیت به فناوری به‌تنهایی وابسته نیست. اثربخشی آن به پیوند میان قابلیت‌های فناوری، طراحی پداگوژیک، تخصص معلم، عاملیت یادگیرنده، توسعه حرفه‌ای و سیاست‌گذاری انسان‌محور وابسته است. بنابراین، مسیر آینده آموزش علوم را می‌توان در طراحی همکاری هدفمند میان معلم، یادگیرنده و سامانه‌های هوشمند دنبال کرد.

## بحث و نتیجه‌گیری

مرور و سنتز مطالعات نشان داد که هوش مصنوعی به یکی از مؤلفه‌های مهم تحول دیجیتال آموزش تبدیل شده است و کاربردهای آن از سامانه‌های آموزش هوشمند و تحلیل داده‌های یادگیری تا مدل‌های زبانی بزرگ و هوش مصنوعی مولد گسترش یافته است. در آموزش علوم و به‌ویژه زیست‌شناسی، این فناوری ظرفیت پشتیبانی از شخصی‌سازی یادگیری، تولید و سازمان‌دهی محتوا، ارائه بازخورد، فعالیت‌های پژوهشی و طراحی محیط‌های تعاملی را دارد. با این حال، ناهمگونی مطالعات از نظر روش، جامعه، ابزار و پیامدهای بررسی‌شده نشان می‌دهد که این ظرفیت‌ها نباید به‌عنوان اثربخشی قطعی و عمومی همه ابزارهای AI تفسیر شوند.

یکی از روندهای اصلی شناسایی‌شده، گذار از نگاه ابزارمحور به نگاه پداگوژیک و انسان‌محور است. مطالعات اولیه بیشتر بر سیستم‌های آموزش هوشمند، شخصی‌سازی و تحلیل داده‌ها تمرکز داشتند (زاواکی ریچتر<sup>۶</sup> و

<sup>1</sup> Noviana

<sup>2</sup> Jeong & Kwon

<sup>3</sup> Gonzales

<sup>4</sup> Millen

<sup>5</sup> Rane

<sup>6</sup> Zawacki-Richter



همکاران، ۲۰۱۹؛ چن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰)، درحالی‌که مطالعات جدیدتر، به‌ویژه پس از گسترش GenAI، به تعامل انسان و AI، یادگیری مشارکتی، تربیت معلم و الزامات اخلاقی توجه بیشتری نشان می‌دهند (یونسکو<sup>۲</sup>، ۲۰۲۳؛ جی یونگ و کی وون<sup>۳</sup>، ۲۰۲۶؛ تیپل و همکاران، ۲۰۲۶). بنابراین، مسئله اصلی در مرحله کنونی، صرفاً دسترسی به فناوری نیست، بلکه چگونگی ادغام معنادار آن در طراحی آموزشی است.

این موضوع در آموزش زیست‌شناسی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا یادگیری این رشته مستلزم ارتباط میان مفاهیم، تفسیر شواهد، مدل‌سازی فرایندهای زیستی، فعالیت‌های آزمایشگاهی و استدلال علمی است. مطالعات گنزالس<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۵) و میلن<sup>۵</sup> (۲۰۲۵) نشان می‌دهند که GenAI می‌تواند در طراحی فعالیت‌های آموزشی و شبیه‌سازی موقعیت‌های پژوهشی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، مطالعه لیزاواتی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۲۵) امکان استفاده از ابزارهای معتبر برای بررسی کاربرد GenAI در یادگیری زیست‌شناسی را نشان می‌دهد. بااین‌حال، محدود بودن مطالعات تخصصی زیست‌شناسی و تفاوت شرایط پژوهش‌ها، ضرورت احتیاط در تعمیم نتایج را نشان می‌دهد.

از منظر یادگیری، شواهد نشان می‌دهد که ارزش آموزشی AI بیش از توانایی تولید پاسخ، به نحوه استفاده از آن در فعالیت یادگیری وابسته است. استفاده از AI برای ارائه پاسخ‌های آماده ممکن است درگیری شناختی یادگیرنده را کاهش دهد، درحالی‌که استفاده از آن برای تولید پرسش، مقایسه پاسخ‌ها، دریافت بازخورد، بررسی استدلال و شبیه‌سازی موقعیت‌های پژوهشی می‌تواند زمینه یادگیری فعال‌تر را فراهم کند (میلن<sup>۷</sup>، ۲۰۲۵؛ گنزالس<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۲۵). ازاین‌رو، ادغام AI باید در خدمت اهداف یادگیری قرار گیرد، نه اینکه صرفاً به افزایش استفاده از فناوری منجر شود.

نقش معلم نیز در این فرایند نه‌تنها کاهش نمی‌یابد، بلکه بازتعریف می‌شود. معلم باید علاوه بر دانش تخصصی و پداگوژیکی، توانایی ارزیابی خروجی‌های AI، تشخیص خطا و سوگیری، طراحی فعالیت‌های مناسب و هدایت استفاده مسئولانه از فناوری را داشته باشد. یافته‌های نوویانا<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۲۶)، جی یونگ و کی وون<sup>۱۰</sup> (۲۰۲۶) و تیپل<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۲۶) نیز اهمیت آمادگی، تجربه، اعتماد و شرایط سازمانی را در پذیرش و استفاده آموزشی از AI نشان می‌دهند. بنابراین، توسعه حرفه‌ای معلمان باید یکی از ارکان اصلی سیاست‌های ادغام هوش مصنوعی باشد.

در کنار فرصت‌های آموزشی، اعتبار اطلاعات و اعتمادپذیری AI از چالش‌های مهم است. احتمال تولید اطلاعات نادرست یا گمراه‌کننده در آموزش زیست‌شناسی، به‌ویژه در موضوعاتی مانند ژنتیک، سلامت و

<sup>1</sup> Chen

<sup>2</sup> UNESCO

<sup>3</sup> Jeong & Kwon

<sup>4</sup> Gonzales

<sup>5</sup> Millen

<sup>6</sup> Lizawati

<sup>7</sup> Millen

<sup>8</sup> Gonzales

<sup>9</sup> Noviana

<sup>10</sup> Jeong & Kwon

<sup>11</sup> Tipple

زیست فناوری، ضرورت راستی آزمایی خروجی ها و نظارت معلم را افزایش می دهد (رین<sup>۱</sup>، ۲۰۲۳؛ یونسکو<sup>۲</sup>، ۲۰۲۳). همچنین حریم خصوصی، سوگیری الگوریتمی، شفافیت و عدالت در دسترسی باید در کنار ملاحظات آموزشی مورد توجه قرار گیرند (یونسکو<sup>۳</sup>، ۲۰۲۳؛ تپیل<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۶).

در مجموع، شواهد بررسی شده نشان می دهد که AI به تنهایی عامل تحول آموزش علوم نیست؛ بلکه پیامد آموزشی آن به طراحی پداگوژیک، زمینه استفاده، آمادگی معلم و یادگیرنده و چارچوب های نهادی و اخلاقی وابسته است. بر این اساس، ادغام AI را می توان در سه سطح مکمل دنبال کرد: استفاده به عنوان ابزار پشتیبان برای تولید و تحلیل اطلاعات؛ استفاده به عنوان میانجی در یادگیری، پژوهش و حل مسئله؛ و در سطح بالاتر، پرورش توانایی یادگیرنده برای ارزیابی انتقادی و استفاده مسئولانه از AI. این رویکرد با تأکید یونسکو<sup>۵</sup> (۲۰۲۳) بر انسان محوری و حفظ عاملیت انسان همخوان است.

بنابراین، نتیجه اصلی این مرور آن است که آینده آموزش زیست شناسی را نباید در جایگزینی معلم یا واگذاری فرایند یادگیری به هوش مصنوعی جست و جو کرد، بلکه در طراحی تعامل هدفمند میان قابلیت های AI، تخصص معلم و عاملیت یادگیرنده باید دنبال کرد. با توجه به محدودیت شواهد موجود، به ویژه کمبود مطالعات تجربی و طولی در آموزش زیست شناسی، پژوهش های آینده باید اثربخشی واقعی این الگوها را در زمینه های مختلف آموزشی بررسی کنند.

### نتیجه گیری

برآیند یافته های این مرور نشان می دهد که هوش مصنوعی ظرفیت قابل توجهی برای حمایت از بازطراحی فرایند یاددهی-یادگیری علوم و زیست شناسی دارد. این ظرفیت در زمینه هایی مانند شخصی سازی یادگیری، تولید و سازمان دهی محتوا، ارائه بازخورد، پشتیبانی از فعالیت های پژوهشی و طراحی آموزشی مشاهده می شود. با این حال، ناهمگونی شواهد از نظر روش پژوهش و زمینه آموزشی، لزوم احتیاط در تعمیم نتایج مطالعات محدود یا کوتاه مدت را نشان می دهد.

سنتر مطالعات نشان می دهد که تحول آموزش زیست شناسی با هوش مصنوعی نه در جایگزینی معلم، بلکه در بازطراحی تعامل میان معلم، یادگیرنده و فناوری معنا پیدا می کند. در این الگو، AI می تواند از فرایندهای یادگیری و آموزشی پشتیبانی کند، اما قضاوت حرفه ای، هدایت تربیتی، ارزیابی اعتبار علمی و تصمیم گیری اخلاقی همچنان بر عهده انسان است.

از این رو، بهره گیری پایدار از AI در آموزش علوم نیازمند سه مؤلفه اساسی است: توانمندسازی معلمان و دانش آموزان، طراحی پداگوژیک هدفمند و تدوین چارچوب های اخلاقی و سیاستی مناسب. همچنین، انجام پژوهش های تجربی و طولی، به ویژه در آموزش زیست شناسی و بافت آموزشی ایران، برای تعیین اثربخشی واقعی و پیامدهای بلندمدت این فناوری ضروری است.

در نهایت، می توان گفت ارزش آموزشی هوش مصنوعی بیش از میزان استفاده از فناوری، به نحوه ادغام آن در فرایند یادگیری وابسته است. تبدیل AI از ابزاری برای تولید پاسخ به ابزاری برای تقویت یادگیری مفهومی،

<sup>1</sup> Rane

<sup>2</sup> UNESCO

<sup>3</sup> UNESCO

<sup>4</sup> Tipple

<sup>5</sup> UNESCO

پژوهشگری، تفکر انتقادی و عاملیت یادگیرنده، می‌تواند مسیر استفاده مؤثر و مسئولانه از آن در آموزش زیست‌شناسی را فراهم کند.

## مشارکت نویسندگان

میزان مشارکت نویسندگان در نگارش مقاله بطور یکسان می باشد.

## تشکر و قدردانی

## تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»



### COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

## منابع

- Asih, T., Suwono, H., & Hastuti, U. S. (2026). Effects of an AI-supported movement-based physical education program using a virtual nature reserve on ecological literacy and inquiry skills. *Retos*, 78, 705–717. <https://doi.org/10.47197/retos.v78.118848>
- Bara'u, R. (2026). Adoption of artificial intelligence in teaching and teacher professional development: Pedagogical impacts, ethical risks, and challenges. *International Journal of Applied Resilience and Sustainability*, 2(3), 142–175. <https://doi.org/10.70593/deepsci.0203006>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Gonzales, D. K. P., Salazar, D. A., Barquilla, M. B., Nabua, E. B., Salic-Hairulla, M. A., & Madale, V. A. (2025). Integrating generative AI into bioenergetics modules: A PAIRR-based approach for senior high school biology. *Seminars in Medical Writing and Education*, 4, 815. <https://doi.org/10.56294/mw2025815>
- Jeong, D.-K., & Kwon, Y.-J. (2026). Biology meets generative AI: Transforming preservice teacher training for the digital age. *The American Biology Teacher*, 88(3), 167–175. <https://doi.org/10.1525/abt.2026.88.3.167>
- Kotsis, K. T. (2026). A human-centred framework for teacher professional development in AI-supported science teaching. *Journal of Artificial Intelligence and Technological Development*, 2(3), 9–30. [https://doi.org/10.59324/jaitd.2026.2\(3\).02](https://doi.org/10.59324/jaitd.2026.2(3).02)
- Lai, C. Y. (2026). The role of ChatGPT in sport and physical education: A scoping review using the SWOT analysis framework. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 38, 100602. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2026.100602>
- Lai, Z. C.-C. (2026). AI in EFL blended learning: Impact on speaking performance and learning resilience. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 11, 11. <https://doi.org/10.1186/s40862-025-00367-4>
- Lizawati, L., Putri, I. I., Hidayati, N., Yeyendra, & Hendrizal, A. (2026). Utilization of generative artificial intelligence in biology learning: Expert and empirical validation analysis in high school students. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, 10(2). <https://doi.org/10.24815/jipi.v10i2.1889>

- Millen, J. I. (2025). Using generative AI for interview simulations to enhance student research skills in biology education. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 26(2). <https://doi.org/10.1128/jmbe.00122-25>
- Noviana, E., Putra, A. A., Cinthami, R. D. D., & Qudratuddarsi, H. (2026). Factors shaping pre-service biology teachers' acceptance of generative artificial intelligence. *Jurnal Bioshell*, 15(1), 184–195. <https://doi.org/10.56013/bio.v15i1.5552>
- Öztürk, D. (2026). Motivation and technology in voice-AI adoption: An empirical validation of the integrated model in social studies classrooms. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-026-14032-x>
- Pepito, J. A., Babate, F. J., Ismael, J. D., Al-Jumayile, S. S. I., & Siddique, M. K. B. (2026). Redesigning nursing curricula for human-AI collaboration using a Fifth Industrial Revolution framework: Discursive paper. *SAGE Open Nursing*, 12, 1–11. <https://doi.org/10.1177/23779608261433312>
- Rane, N. (2023). Contribution and challenges of ChatGPT and similar generative artificial intelligence in biochemistry, genetics and molecular biology. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4603219>
- Tipple, C., Keane, T., Wang, T., & Cerovac, M. (2026). Teachers' perceptions of generative AI in gender-inclusive STEM education: A grounded theory study. *Education and Information Technologies*, 31, 2399–2434. <https://doi.org/10.1007/s10639-026-13908-2>
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, Article 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>