CC BY

مروری

پژوهش در برنامه‌ریزی درسی
سال بیست و یکم، دوره دوم، شماره 53 (پیاپی 80)
بهار 1403، صفحات 44-25

Research in Curriculum Planning
Vol 21. No 53(continus 80)
Spring 2024, Pages 25-44

سنتزپژوهی روش‌های تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق

ثریا میرشکاری[1]، نرگس کشتی‌آرای[2*]، حمید عزیز ملک‌آبادی[3]

[1] دانشجوی دکتری رشته برنامه‌ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[2] دانشیار برنامه‌ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[3] استادیار گروه علوم پایه دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

چکیده

هدف از این پژوهش سنتزپژوهی روش‌های تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق بود. این پژوهش با روش آمیخته طرح اکتشافی متوالی انجام شد. در بخش کیفی از روش سنتزپژوهی بر اساس مدل گاف و همکاران (2012) و در بخش کمی از روش توصیفی-پیمایشی استفاده شد. جامعه پژوهش مقالات در حوزه‌ی شناسایی اصلاحات آموزشی در زمینه‌ی بازنگری شیوه‌های تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق در سال‌های 1386 تا 1400 بود که با روش هدفمند 67 منبع به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. نتایج بر اساس سطوح چهارگانه نظریه یادگیری عمیق فولن کدگذاری، دسته‌بندی و در ادامه مدل طراحی شد. نتایج نشان داد روش‌های تدریس موجود در چهار سطح نیازمند اصلاحات آموزشی هستند؛ سطح اول شایستگی‌های جهانی و شامل پرورش شخصیت، ایجاد تابعیت‌و تعلق اجتماعی، تقویت خلاقیت/تخیل، تقویت تفکر انتقادی/حل‌مسأله، افزایش همکاری و بهبود ارتباطات است؛ سطح دوم عناصر طراحی آموزشی و شامل استفاده از شیوه‌های آموزشی مناسب، افزایش مشارکت یادگیری، اصلاح محیط‌های یادگیری و استفاده از ابراز دیجیتال است. سطح سوم شرایط آموزشی و شامل شناسایی نقاط ضعف مدارس و تعیین مشکل در سیاست‌گذاری‌ها است. در نهایت سطح چهارم تحقیق‌مشترک و شامل بررسی مشکلات معلمان در اجرا و ارزشیابی است. این مدل از اعتبار لازم برخوردار بود. به متخصصان پیشنهاد می‌شود تا به‌منظور اعمال اصلاحات آموزشی در تدریس زیست‌شناسی، از مدل طراحی شده استفاده نمایند.

کلید واژه‌ها: سنتزپژوهشی، روش‌های تدریس، زیست‌شناسی، یادگیری عمیق.

Synthesis of biology teaching methods with an emphasis on deep learning

Soraya Mirshekari, Narges Keshtiaray, Hamid Azizi Malekabadi

[1] PhD Student Curriculum Planning, Department of Educational Science and Psychology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Associate Professor Curriculum Planning, Department of Educational Science and Psychology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Asistant Professor, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Abstract

The Aim of this research was to synthesize biology teaching methods with an emphasis on deep learning. This research was done with the mixed method of sequential exploratory design. In the qualitative part, the synthesis research method was used based on the model of Gough et al (2012) and in the quantitative part, the descriptive-survey method was used. The research community included articles in the field of identifying educational reforms in the field of revising biology teaching methods with an emphasis on deep learning in the years 2006 to 2021, and 67 sources were selected as samples using a targeted method. The results were coded and categorized based on the four levels of Fullan's deep learning theory, and the model was then designed. The results showed that the existing teaching methods at four levels need educational reforms; The first level of global competencies includes character development, citizenship and social belonging, creativity/imagination enhancement, critical thinking/ problem solving, collaboration enhancement, and communication enhancement; The second level is the elements of educational design and includes the use of appropriate educational methods, increasing learning participation, modifying learning environments and using digital expression and modern technologies. The third level of educational conditions includes identifying the weak points of schools and determining the problem in policy making. Finally, the fourth level of joint research includes investigating teachers' problems in implementation and evaluation. This model had the required validity. Therefore, experts are suggested to use the designed model in order to apply educational reforms in biology teaching

Keywords: Synthesis, teaching methods, biology, deep learning

*. **نویسندهٔ مسئول:** keshtiaray@gmail.com

DOI: doi.org/10.71788/JSRE.2025.1124084

وصول: 1403/04/10 پذیرش: 1403/09/03

مقدمه

یکی از وظایف اصلی سیستم‌های آموزشی، مجهز نمودن دانش‌آموزان به دانشِ روز با استفاده از روش‌های تدریس[1] صحیح و مؤثر است (Ordu, 2021). روش تدریس مجموعه‌ای از فعالیت‌های منظم، هدفمند و از پیش‌طراحی شده است که هدف آن ایجاد شرایط مطلوب یادگیری است؛ فعالیتی که در قالب تعامل و کنش متقابل بین معلم و یادگیرنده صورت می‌گیرد و بر ویژگی‌ها و رفتار معلم در فعالیت‌ها و اعمال دانش‌آموزان تأثیر می‌گذارد و متأثر از ویژگی‌ها و رفتارهای آنان نیز می‌باشد (Seif, 2020). از آنجایی‌که پیشرفت تحصیلی و انگیزه‌ی یادگیری دانش‌آموزان تا حد زیادی به توانایی معلم در تعامل با دانش‌آموزان، انتخاب روش‌های تدریس و مهارت‌های آنها در فرآیند یادگیری بستگی دارد، استفاده موفقیت‌آمیز از روش‌های تدریس موجب می‌شود تا دانش‌آموزان درک بهتری از محتوای درس داشته باشند (Ong & Quek, 2023). درک بالا نه تنها تصمیمات فارغ التحصیلان مدرسه را تسهیل می‌کند، بلکه جامعه تحصیل کرده و توسعه‌ی پایدار را نیز فراهم می‌کند (Porozovs & Dudkina, 2019). به اعتقاد Fullan, Quinn & McEachen (2017) روش‌های تدریسی از کارآمدی مطلوب برخوردارند که بتوانند به یادگیری عمیق دست یابند و شواهد و بررسی‌های نوین آموزشی نشان می‌دهد اگر دستیابی به یادگیری عمیق[2] و ارتقای نظام آموزشی به سمت اهداف متعالی حائز اهمیت است، باید نسبت به بررسی و واکاوری مداوم روش‌های تدریس کوشا بود (Kovač et al, 2023؛ Weng et al, 2023).

یکی از این دروس زیست‌شناسی[3] است. زیست‌شناسی یکی از بحث‌برانگیزترین شاخه‌های علم در دوره‌ی متوسطه است و هر کشوری برای افزایش اقتدار، امنیت و توسعه همه‌جانبه به علم و فن‌آوری نیاز دارد و این شاخه از علم در این زمینه‌ها نقش بسزایی دارد (Samadi, 2018). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که زیست‌شناسی یکی از مهمترین علوم در دنیای کنونی است و به‌دلیل وابستگی این علم به کشف اسرار طبیعت، می‌تواند نقش مهمی را در حل مشکلات جهان ایفا کند (Grogans et al, 2023؛ Krenn et al, 2022). به‌همین دلیل است که مراکز تحقیقات استراتژیک جهان در حال برنامه‌ریزی برای پیشگامی در زیست‌شناسی هستند (Li et al, 2021). این در حالی است که مطالعات انجام شده نشان داده‌اند ضعف در تدریس مهم‌ترین چالش موجود در آموزش زیست‌شناسی در ایران است (Moghadasi, 2015). در این زمینه Samadi (2018) گزارش نمود که آموزش فعلی درس زیست‌شناسی علاوه بر عدم رشد تفکر انتقادی در دانش‌آموزان، موجب ایجاد شکاف عمیق بین برنامه‌درسی قصدشده و اجرا شده گردیده و تحول در آموزش آن ضروری است. وی چالش‌های موجود در یادگیری زیست‌شناسی را شیوه‌های تدریس ناکارآمد، وجود موضوعات چالشی و نقص برنامه درسی می‌داند و معتقد است روش‌های تدریس موجود زیست‌شناسی می‌بایست مورد تحلیل قرار گیرند. Farhadi-Moghadam & Jami-Ahmadi (2021) نیز معتقدند در تدریس زیست‌شناسی باید رویکردهای آموزشی نوین و منطبق با علم بین‌المللی بکار گرفته شود. Barkhan & Keypour (2022) با بررسی روش‌های نوین تدریس زیست‌شناسی در سال‌های اخیر در ایران و سایر کشورها نشان دادند که لازم است با استفاده از روش‌های نوین تدریس به پرورش تفکر خلاقانه در دانش‌آموزان پرداخت. بنابراین بررسی اصلاحات آموزشی مورد نیاز در روش‌های تدریس زیست‌شناسی از الزامات مطالعاتی در ایران است.

از نظر Fullan (2013) اصلاحات آموزشی تکه‌تکه یا در مقیاس کوچک، کارساز نیستند، بلکه آنچه مؤثر است، تمرکز بر نظریه تغییر[4] و یادگیری عمیق است. یادگیری عمیق، یادگیری با کیفیتی است که برای دانش‌آموزان در زندگی باقی می‌ماند. این نوع از یادگیری لذت را به

[1]. teaching methods
[2]. deep learning
[3]. biology
[4]. change theory

یادگیرندگان بازمی‌گرداند، معنی‌دار و هدفمند است و پتانسیل هر دانش‌آموز را آزاد می‌کند (Quinn et al, 2019). توجه به یادگیری عمیق در درس زیست‌شناسی در مطالعات مختلفی مورد تأیید بوده است (Nasirpour & Zare, 2019؛ Ching et al, 2018؛ O'Brien et al, 2024؛ Yan et al, 2024).

در این زمینه Hadiprayitno et al (2019) گزارش نمودند در بررسی علل سطوح پایین موفقیت‌تحصیلی در درس زیست‌شناسی، باید برای یافتن روش‌های تدریس مبتنی بر یادگیری عمیق تلاش نمود. این روش تدریس می‌تواند دیدگاه دانش‌آموزان را در مورد نحوه یادگیری زیست‌شناسی تحت تأثیر قرار دهند. بنابراین با توجه به محوریت یادگیری عمیق در نظریه Fullan (2013) و تأکید بسیار محققان حوزه آموزش زیست‌شناسی بر یادگیری عمیق، در این پژوهش سعی شد روش‌های تدریس زیست‌شناسی بر پایه این نظریه بررسی گردند.

بر اساس نظریه Fullan (2013) به‌منظور دستیابی به یادگیری‌عمیق در دانش‌آموزان چهار جزء لازم است که شامل 1) شایستگی‌های جهانی[1] (شامل شخصیت[2]، تابعیت و تعلق اجتماعی[3]، خلاقیت[4]، تفکر انتقادی[5]، همکاری[6] و ارتباطات[7])، 2) عناصر طراحی یادگیری[8] (شامل شیوه‌های آموزشی[9]، مشارکت‌های یادگیری[10]، محیط‌های یادگیری[11] و استفاده از دیجیتال[12])، 3) شرایط یادگیری عمیق[13] (شامل شریط مدرسه[14]، شرایط منطقه[15] و شرایط سیستم‌ها[16])، 4) فرایند تحقیق مشترک[17] (استفاده از معلمان برای طراحی تجارب یادگیری عمیق از سوی تیم‌های متخصص به منظور ارزیابی شرایط مورد نیاز برای تقویت یادگیری عمیق در سطح مدرسه و سیستم[18]). از نظر این محققان یادگیری عمیق یک محتوای اضافی نیست بلکه اصلاح فرآیند یادگیری است که فراگیران را درگیر می‌کند، دانش و مهارت آنها را تقویت می‌کند و باعث ایجاد تفکر می‌شود (Quinn et al, 2019). بنابراین در این پژوهش در طراحی تدریس زیست‌شناسی این چهار موضع در نظر گرفته شده است.

با مروری بر مطالعات انجام شده مشخص می‌شود با وجود پژوهش‌هایی حول‌محور سنجش کارایی روش‌های تدریس زیست‌شناسی موجود، تحقیقی که به سنتزپژوهی روش‌های تدریس درس زیست‌شناسی و ارائه‌ی مدل مبتنی بر آن پرداخته باشد، در دسترس نیست. به این ترتیب ابتدا از طریق سنتزپژوهی طبق نظریه Fullan (2013) و با تأکید بر ارتقاء یادگیری عمیق در قالب چهار سطح شایستگی‌های جهانی، عناصر طراحی آموزشی، شرایط لازم برای یادگیری عمیق و فرایند تحقیق مشترک، چالش‌ها و نیازهای موجود در زمینه‌ی روش‌های تدریس زیست‌شناسی بر اساس پژوهش‌های موجود، شناسایی و در نهایت مدلی به منظور جهت‌دهی به روش تدریس زیست‌شناسی مبتنی بر مشکلات و نیازهای استخراج شده، ارائه شده است.

روش

این پژوهش به روش آمیخته اکتشافی متولی (کیفی-کمی) انجام شد. در بخش کیفی با عنایت به آنکه بیش از 100 تحقیق معتبر و مرتبط با موضوع پژوهش در

1. global Competencies
2. character
3. citizenship
4. creativity
5. critical Thinking
6. collaboration
7. communication
8. elements of learning design
9. pedagogical pactices
10. learning partnerships
11. learning environments
12. leveraging digital
13. conditions that mobilize deep learning
14. school conditions
15. district conditions
16. system conditions
17. collaborative inquiry process
18. used by teachers to design deep learning experiences, by teams to moderate student work and growth, and by teachers and leaders to assess the conditions needed to foster deep learning at the school and system levels

دسترس بود، از روش سنتزپژوهی[1] استفاده شد.

جدول 1. مراحل سنتزپژوهی روش‌های تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق

مراحل اصلی	زیر مرحله	مراحل مرتبط با پژوهش
تعیین محدوده جغرافیای تحقیق با تأکید بر ویژگی‌های پژوهش‌های منتخب برای استفاده	مشخص کردن پارامترهای جستجو؛ تاریخ و نوع تحقیق	سال انتشار: جمع‌آوری تمام پژوهش‌های مرتبط با موضوع تحقیق محدوده جغرافیایی: سراسر دنیا نوع پژوهش: مطالعات و منابع مربوط به تغییرات روش‌های تدریس، یادگیری عمیق، روش تدریس زیست‌شناسی و اصلاحات مورد نیاز در تدریس این درس. نوع اسناد: مقالات چاپ‌شده در نشریات معتبر، کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها، گزارش‌های دولتی مراکز آماری معتبر.
	تعیین معیار برای انتخاب اسناد و منابع	مرتبط بودن پژوهش‌ها با سؤالات تحقیق و کیفیت آنها از نظر اعتبار روش‌های تحلیل و ابزارهای به کار رفته پژوهش‌های کیفی و کمی معتبر و دقیق.
	تعیین راهکار برای جستجوی اسناد و پایگاه‌های اطلاعاتی	تدوین کلیدواژه‌های مرتبط با اصلاحات آموزشی مورد توجه در روش‌های تدریس زیست‌شناسی و اصلاحات مورد نیاز در تدریس این درس با تأکید بر یادگیری عمیق جستجوی هر یک از آنها در در پایگاه‌های اطلاعاتی Science Direct، Sage، Taylor & Francis، ERIC، Scopus و Web of Science و دسترسی بالاترین میزان اسناد در پایگاه داده‌ای Google Books
نقد نظام‌مند اسناد منتخب	غربالگری درشت	مطالعه چکیده اسناد و انتخاب آنها بر اساس معیار مرتبط بودن و داشتن کیفیت کافی و مطلوب.
	غربالگری ریز	مطالعه و بررسی دقیق کل متن اسناد در محدوده سال‌های 1386 تا 1400 برای اسناد داخلی و در محدوده سال‌های 2012 تا 2021 برای اسناد خارجی برای ورود به مرحله بعد.
	واکاوی اسناد	بررسی و جداسازی بخش‌های مختلف پژوهش‌ها و جاگذاری آنها در جدول داده‌ها و در نهایت تهیه و ثبت یک نتیجه کلی از هر پژوهش توسط محقق.
سنتز، ترکیب عناصر با یکدیگر و خلق و تولید اثری جدید	سنتزپژوهی بر اساس نظریه Gough et al (2012)	جمع‌آوری یافته‌ها در خصوص اصلاحات آموزشی مورد نیاز در روش‌های تدریس زیست‌شناسی، بررسی و بازخوانی مکرر و دقیق، مقایسه و تطبیق یافته‌های مشابه و متناقض پژوهش‌ها و تفکیک آنها به وسیله کدهای عددی، دسته‌بندی داده‌ها و طراحی الگوی روش تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق.

در بخش کیفی حوزه‌ی پژوهش شامل متون مرجع در حوزه‌ی شناسایی اصلاحات آموزشی در روش‌های تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق بود. از این متون، تعداد 67 منبع شیوه‌ی انتخاب هدفمند مورد بررسی قرار گرفت و توقف فرایند نمونه‌گیری، بر مبنای اشباع نظری بود. معیارهای ورود به سنتزپژوهی در این پژوهش شامل حیطه جغرافیایی (سراسر دنیا)، زبان (انگلیسی و فارسی)، نوع سند (پژوهش‌هایی در حوزه‌ی عناصر چهارگانه نظریه فولن که در یک مجله معتبر با متن کامل به چاپ رسیده باشند)، سال انتشار (سال‌های 1386 تا 1400 برای اسناد داخلی و سال‌های 2012 تا 2021 برای اسناد خارجی)، شرکت‌کنندگان

[1]. meta synthesis

(دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه) و روش‌شناسی (پژوهش‌های علمی) بود. در بخش کمی که به‌روش توصیفی از نوع پیمایشی انجام شد، جامعه‌ی پژوهش متخصصان حوزه‌ی علوم تربیتی دارای مدرک دکتری در رشته‌های برنامه‌ریزی درسی و آموزش زیست‌شناسی در شهر اصفهان در سال 1402 بودند. 10 نفر از این متخصصان به‌روش هدفمند به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. تعداد آن‌ها بر پایه حداقل تعداد مورد نیاز برای ارزیابی اعتبار محتوایی بود (DeVon et al, 2007). ملاک‌های ورود به پژوهش شامل تمایل به شرکت در پژوهش، داشتن تخصص برنامه‌ریزی درسی/آموزش زیست‌شناسی و حداقل مدرک دکتری بود.

به‌منظور اجرای این پژوهش ابتدا مطالعه نظامند ادبیات پژوهش انجام گرفت و مقاله‌های مناسب انتخاب شدند؛ جستجوی مقالات در پایگاه‌های اطلاعاتی Science Direct، Sage، Taylor & Francis، ERIC، Scopus و Web of Science و با توجه به بالاترین میزان دسترسی در پایگاه داده‌ای Google Books صورت گرفت. از میان این منابع پس از چندین مرحله غربال‌گری بر اساس بررسی عنوان، چکیده و محتوای پژوهش (N=183)، در نهایت 67 پژوهش به‌صورت هدفمند انتخاب و مورد بررسی و واکاوی دقیق قرار گرفتند و مؤلفه‌ها با استفاده از تحلیل تم (کدگذاری باز، محوری و انتخابی) شناسایی شدند. روش گردآوری اطلاعات در این مرحله، کتابخانه‌ای بود. به‌این منظور از فیش‌برداری استفاده شد. در بخش کمی پس مشخص شدن مؤلفه‌های استخراج شده، از متخصصان خواسته شد تا نظر خود را در مورد هریک از مؤلفه‌های شناسایی شده در قالب پرسشنامه با طیف لیکرت سه درجه‌ای (بسیار ضروری، مفید و غیرضروری)، اعلام نمایند. برای بررسی روایی این پرسشنامه از روایی محتوایی استفاده شد؛ به‌این‌ترتیب که با نظر خبرگان در خصوص شمول تناسب گویه‌های مرتبط به هر مؤلفه نظرخواهی شد و پس از تأیید آنها پرسشنامه‌ها برای اجرای نهایی آماده شد. پایایی این پرسشنامه با استفاده ضریب آلفای کرونباخ و به‌کمک نرم‌افزار $SPSS_{26}$، 0/788 به‌دست آمد. پس از اعمال‌نظر متخصصان، مؤلفه‌های حاصل از سنتزپژوهی ارائه شد. در مرحله بعد، بر اساس مؤلفه‌های شناسایی شده، مدل سنتزپژوهی روش‌های تدریس زیست‌شناسی ارائه شد و از متخصصان درخواست شد تا نظر خود را پیرامون این الگو، اعلام نمایند. سپس نسبت روایی محتوایی[1] (CVR) برای مدل تدوین‌شده محاسبه شد.

یافته‌ها

در بخش اول منابع استفاده شده در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2. منابع مورد استفاده در پژوهش

ردیف	نویسنده/نویسندگان (سال)	ردیف	نویسنده/نویسندگان (سال)	ردیف	نویسنده/نویسندگان (سال)
1	Farhadi-Moghadam & Jami-Ahmadi (2021)	24	Seif et al) 2018(	48	(2007) Askari & Seif
2	(2021) Brahui Moghadam	25	(2018) Hosseini	49	(2007) Showakhi et al
3	(2020)Pardeli &Hajibabaei	26	(2018) Lahrasbi & Farrokhi	50	(2007) Mesrabadi et al
4	(2019) Brahui Moghadam	27	(2018) Imani et al	51	(2021) Viadero & Sparks
5	(2020) Alavian	28	(2018) Rajaei	52	(2021) Fauzi et al
6	(2019) Naseri	29	(2018) Mesbah & Behrangi	53	Selvakumar & Brown (2021)
7	(2018) Paul	30	(2018) Samadi	54	(2020) koc-januchta et al
8	(2019) Gharibi et al	31	(2018) Alizadeh	55	Davidesco & Tanner

[1]. Content Validity Ratio (CVR)

	(2020)				
9	(2019) Nasirpour & Zare	32	Fathullahzadeh Ilvanaq et al (2018)	56	(2020) Plutzer et al
10	(2019) Akbarpour & Farrokhi	33	(2018) Tajik & Jalilpour	57	(2020) Black
11	(2019) Samadi & Beheshti	34	(2018) Peradley et al	58	Hadiprayitno et al (2019)
12	(2019) Saadati & Abbasi Manas	35	(2018) Avesta et al	59	Anderson & Sinatra (2018)
13	(2019) Brahuni Moghadam	36	(2017) Rudini & Dehwari	60	(2018) Reiss
14	(2019) Farzin et al	37	(2016) Amini Tehrani	61	(2017) Basu et al
15	(2019) Farrokhi & Najafi	38	(2016) Taqavi	62	(2017) McComas et al
16	(2018) Rezaiyan & Zare	39	(2016) Moradi	63	(2017) Smith
17	(2018) Zare et al	41	Ahmadigol & Hatami (2015)	64	(2017) Chen & So
18	(2018) Savabkar et al	42	(2015) Behrangi & Nasiri	65	(2016) Scott
19	(2018) Peradley et al	43	(2015) Kaveh & Hedayati	66	Stasinakis & Athanasiou (2016)
20	(2018) Amiri et al	44	(2014) Veisi Kohra et al	67	(2012) Cimer
21	(2018) Mohebi	45	Hosseini & Faghforian (2014)		
22	(2018) Kordian et al	46	(2013) Veisi Kohra et al		
23	(2018)Alavian & Mansouri	47	(2012) Parishani et al		

جدول 3. مفاهیم همدسته شده حاصل از سنتزپژوهی

	مفاهیم جایگزین‌شده			تعداد کد	CVR
شایستگی‌های جهانی	شخصیت		خود قوی	4	0/6
			مسئولیت‌پذیری	1	0/6
			بهزیستی‌روانی	7	0/4
			مهارت‌های زندگی	3	0/4
	تابعیت و تعلق اجتماعی	مشارکت فعال در پایداری انسانی و محیط زیست	آشنایی با اصول‌اخلاقی	13	0/6
			توضیح کاربرد مباحث در زندگی	15	0/6
	خلاقیت/ تخیل		ارائه ایده جدید	22	1
			رهبری برای عمل	3	1
	تفکر انتقادی/ حل‌مسأله		اندیشه انتقادی	16	1
			حل‌مسأله	13	1
			تصمیم‌گیری مؤثر	2	0/8
			طراحی و مدیریت پروژه	3	0/8
	همکاری		کار تیمی	2	1
			مشارکت در یادگیری	12	1
			مهارت استفاده از شبکه‌های اجتماعی	4	0/8
			همدلی در کار با دیگران	3	0/8

		ارتباطات			5	0/6
				مهارت برقراری ارتباط		
				مهارت‌های شنیداری	3	0/6
		شیوه‌های آموزشی	توجه به تفاوت‌های فردی فراگیران	مهارت‌های مورد نیاز	6	0/6
				علایق	2	0/6
				ارزش‌ها	1	0/6
				عادات یادگیری	3	0/6
			فراهم نمودن دانش زیربنایی		16	0/8
			به‌روز کردن اطلاعات در مورد هر مبحث		2	0/8
			اصلاح دانش‌و نگرش‌های نادرست		7	0/8
			استفاده از مشوق‌ها		3	0/8
			محوریت فراگیران	نقش فعال‌کننده معلم	پرسیدن سؤال	محرک و چالشی	5	1
						بازپاسخ	2	1
					تشویق به مناظره و مباحثه		8	1
					گوش دهنده فعال		3	1
				انتخاب مسیر یادگیری با فراگیران			13	1
				درگیر نمودن فراگیران در یادگیری	استفاده از آزمایش و بازدید علمی		12	1
					استفاده از تحقیق و پژوهش		15	1
					استفاده از مسابقه و سرگرمی		15	1
					عینی‌نمودن مفاهیم		31	1
					تشویق به یادداشت‌برداری		2	1
			ارزیابی چندجانبه	خودارزیابی			3	0/8
				دگر ارزیابی	معلم مستمر و نامحسوس		3	0/6
					گروه‌های دانش‌آموزی دیگر		1	0/6

ادامه جدول 3. مفاهیم همدسته شده حاصل از سنتزپژوهی

		مفاهیم جایگزین شده			**تعداد کد**	**CVR**
		مشارکت‌های یادگیری		مشارکت با سایر کلاس‌ها	2	0/8
				مشارکت در سطح جهانی	1	0/6
		محیط یادگیری	پرورش فرهنگ یادگیری	دستیابی به یادگیری عمیق	2	0/8
				تقویت سطوح شناختی	8	0/6
			طراحی فضا	کاهش تعداد فراگیران	2	0/8
عناصر طراحی آموزشی				طراحی فضا فیزیکی ایجاد فرصت برای اکتشاف	4	1
				چیدمان نیم دایره‌ای	2	0/8
				محیط متنوع و جذاب یادگیری	3	0/8
				طراحی فضای مجازی	10	0/8
		استفاده از ابزار دیجیتال		استفاده از نمایش گرافیکی	1	1
				استفاده از فیلم و عکس	3	1
				استفاده از واقعیت‌افزوده	9	1
شرایط یادگیری		شناسایی نقاط		امکانات کم	6	0/8

	ضعف مدارس	زمان ناکافی برای استفاده از امکانات	4	0/8
		عدم مهارت معلمان در استفاده از امکانات	3	0/8
	تعیین مشکل در سیاست‌گذاری‌ها	نیاز به تغییر محتوای کتب درسی	11	1
		نیاز به تغییر در رویکردهای آموزشی	6	1
		نیاز به تغییر در شیوه ارزشیابی	3	1
		اصلاح دوره‌های ضمن خدمت معلمان	17	1
		اصلاح برنامه آماده‌سازی معلمان	11	1
فرایند تحقیق مشترک		بررسی مشکل معلمان در اجرا	10	0/8
		بررسی مشکل معلمان در ارزشیابی	3	0/8

لازم به ذکر است مفاهیمی که CVR آن‌ها 0/4 یا بزرگتر از 0/4 و درصد توافق آنها 70٪ یا بزرگتر از 70٪ بود به‌عنوان موارد اصلاحی مورد نیاز در مدل روش‌های تدریس درس زیست‌شناسی در نظر گرفته شد. بر اساس این نتایج مدلی در شکل 1 ترسیم‌شده و نظر متخصصان بیانگر سودمندی و قابلیت اجرایی این مدل بوده است.

شکل 1. مدل شماتیک روش تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق

حاصل این مطالعه مدلی فراترکیبی در چهار دسته اصلی است. عنصر شایستگی‌های دانش‌آموزان شامل شخصیت (خود قوی، مسئولیت‌پذیری، بهزیستی‌روانی، مهارت‌های زندگی)، تابعیت‌وتعلق اجتماعی (آشنایی با اصول‌اخلاقی و توضیح کاربرد مباحث در زندگی)، خلاقیت/تخیل (ارائه ایده جدید و رهبری برای عمل)،

تفکر انتقادی/حل‌مسأله (اندیشه انتقادی، حل‌مسأله، تصمیم‌گیری مؤثر، طراحی و مدیریت پروژه)، همکاری (کار تیمی و مشارکت در یادگیری، مهارت استفاده از شبکه‌های اجتماعی، همدلی در کار با دیگران) و بهبود مهارت‌های ارتباطاتی؛ عنصر طراحی آموزشی شامل شیوه‌های آموزشی (توجه به تفاوت‌های فردی فراگیران، دانش پایه و اطلاعات به‌روز، اصلاح دانش نادرست، استفاده از مشوق‌ها، دانش‌آموز محوری، ارزیابی چندجانبه)، مشارکت‌های یادگیری (مشارکت با سایر کلاس‌ها، مشارکت در سطح جهانی) و محیط یادگیری (پرورش فرهنگ یادگیری، طراحی فضا)؛ عنصر شرایط آموزشی شامل شناسایی نقاط ضعف مدارس (امکانات کم، زمان ناکافی و عدم مهارت معلمان در استفاده از امکانات) و تعیین مشکل در سیاست‌گذاری‌ها (اصلاح کتب، آموزش، ارزشیابی و دوره‌های ضمن خدمت و آماده‌سازی معلمان) و در نهایت عنصر فرایند تحقیق مشترک (بررسی مشکل معلمان در اجرا و بررسی مشکل معلمان در ارزشیابی) است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش سنتزپژوهی روش‌های تدریس زیست‌شناسی با تأکید بر یادگیری عمیق بود. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که روش‌های تدریس موجود در چهار سطح نیازمند اصلاحات آموزشی هستند. سطح اول شایستگی‌های جهانی است که معنای واقعی یادگیرنده عمیق را نشان می‌دهد؛ سطح دوم چهار عنصر طراحی یادگیری را نشان می‌دهد و شامل فرایندهایی است که تسهیل کننده تغییر تفکر و عملکرد برای رهبران، معلمان، خانواده‌ها و دانش‌آموزان هستند. سطح سوم شرایط لازم برای تجهیز یادگیری عمیق در سطح مدرسه، منطقه و سیستم آموزشی را نشان می‌دهد که راهکارهایی را در مسیر نوآوری، رشد و فرهنگ یادگیری ارائه می‌دهد. سطح چهارم، تحقیق مشترک است که احاطه کننده تمام لایه‌ها است و فرایندی برای بهبود مستمر اقدامات اجرایی است(Quinn et al, 2019). این بخش از یافته‌ها در تأیید و همسو با مطالعات گسترده‌ی فولن و همکاران در زمینه اصلاحات آموزشی مورد نیاز در روش‌های تدریس است (Fullan et al, 2018 ؛2019؛ Fullan, 2013؛ Fullan, 2014؛ Fullan, 2010). در این زمینه Quinn et al (2019) گزارش نمود که برای رسیدن به یادگیری عمیق، روش‌های تدریس می‌بایست از تمرکز صرف بر پوشش دادن تمام محتوای مورد نیاز، به تمرکز بر روند یادگیری تغییر یابد و این سطوح چهارگانه به‌واسطه ظرفیت ایجاد دانش جدید و هدایت یادگیری خود به طور مؤثر، حالت‌های فعال برای پایداری در چالش‌ها و رشد شهروندی این مسیر را هموار می‌سازد.

نتایج نشان داد اصلاحات موردنیاز در سطح شایستگی‌های دانش‌آموزان در شش بخش پرورش شخصیت، ایجاد تابعیت و تعلق اجتماعی، تقویت خلاقیت/تخیل، تقویت تفکر انتقادی/حل‌مسأله، افزایش همکاری و بهبود ارتباطات قابل بررسی است. بر اساس یافته‌ها هر یک از این شش بخش دارای چندین بعد است که برای دستیابی به یادگیری عمیق باید مورد توجه قرار گیرد. در پرورش شخصیت به نکاتی از جمله تقویت خود، پرورش مسئولیت‌پذیری، توجه به بهزیستی‌روانی و پرورش مهارت‌های زندگی مورد توجه قرار گرفت. همسو با این نتایج Parishani et al (2012) نشان دادند با افزایش خودکارآمدی در دانش‌آموزان می‌توان پیشرفت تحصیلی در درس زیست‌شناسی را تضمین کرد و Mesrabadi et al (2007) بهبود خودتنظیمی فراگیران را در این مسیر مؤثر دانستند. از نظر Anderson & Sinatra (2018) خودمدیریتی ضعیف از چالش‌های یادگیری درس زیست‌شناسی است و Cimer (2012) معتقد است خودیادگیری را ویژگی مهمی در پیشرفت درس زیست‌شناسی معرفی کرد. بنابراین تقویت خود از ویژگی‌های شخصیتی مورد توجه در الگوی بازنگری روش‌های تدریس زیست‌شناسی در نظر گرفته شد. Mesbah & Behrangi (2018) با ارائه الگویی برای تدریس زیست شناسی، بر اهمیت مسئولیت‌پذیری تأکید کردند و نقش آن را در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در

این درس پررنگ نمودند. توجه به بهزیستی روانی (Farrokhi & Paredeli &Hajibabaei, 2020؛ Lohrasbi, 2018؛ Rezaiyan & Zare, 2018؛ Samadi, 2018؛ Veisi Kohra et al, 2013) و پرورش مهارت‌های زندگی (Imani et al, 2018؛ Faghforian & Hosseini, 2014؛ Anderson & Sinatra, 2018) نیز در مطالعات فراوانی مورد تأکید بوده است که لزوم تعیین جایگاه این دو ویژگی را در الگوی بازنگری روش‌های تدریس زیست‌شناسی نشان می‌دهد. در زمینه پرورش شخصیت دانش‌آموزان Fullan (2013) معتقد است مجهز نمودن به ویژگی‌های اساسی شخصیتی این قابلیت را به دانش‌آموزان می‌دهد که به شکلی مؤثر فکر کنند، برای خود تصمیم بگیرند، به‌طور منظم موضع مثبتی نسبت به یادگیری داشته باشند؛ مشتاق باشند تا بهترین فرصت را برای یادگیری و موفقیت به ارمغان آورند و یاد می‌گیرند که تعادل را بین انگیزه موفقیت و سایر جنبه‌های مهم زندگی برقرار کنند (Quinn et al, 2019). این ویژگی‌ها باعث می‌شود تا دانش‌آموزان در مواجهه با عقب‌ماندگی‌های عمده یا بازخورد منفی، مکث کنند، تأمل کنند، در صورت لزوم سازگار شوند و با عزمی راسخ به مسئله نزدیک شوند تا زمانی که به پیشرفت نائل آیند (Fullan et al, 2017).

ایجاد تابعیت و تعلق اجتماعی از دیگر موضوعات حائز اهمیت در سطح شایستگی‌های دانش‌آموزان بود که بر اساس نتایج دستیابی به این مهم، با افزایش مشارکت فعال در پایداری انسانی و محیط زیست، آشنایی با اصول اخلاقی و توضیح کاربرد مباحث در زندگی امکان‌پذیر است. Brahuni Moghadam (2019) همسو با این نتایخ بیان کرده است که معلمان باید با اصول اخلاقی پژوهش بر حیوانات آشنا باشند تا بتوانند با رعایت این اصول، الگویی نمونه برای دانش‌آموزان در این مسیر باشند. Chen & So (2017) بیان نمودند که معلمان در چارچوب‌های اخلاقی متعدد دچار مشکل هستند و این خلأیی در تدریس زیست‌شناسی است. از سوی دیگر به‌منظور تقویت تابعیت و تعلق اجتماعی لازم است تا دانش‌آموزان کاربرد مباحث زیست‌شناسی را در زندگی بدانند؛ همسو با این نتایج Alavian (2020) معتقد است در تدریس زیست‌شناسی لازم است تا معلم با فراهم آوردن دانش زیربنایی، به دانش‌آموزان امکان دهد مفاهیم این درس را در کاربردهای اجتماعی و اخلاقی درک کنند و به افرادی آگاه از فناوری‌ها و برنامه‌های حاصل از آن تبدیل شوند. در مطالعات Brahuni Moghadam (2019)، Alizadeh (2018)، Fathullahzadeh Ilvanaq et al (2018)، Hedayati & Kaveh (2015) و Basu et al (2017) نیز بر این یافته‌ها تأکید شده است. بر اساس نظریه Fullan (2013) دانش‌آموزانی که دارای احساس تابعیت‌وتعلق اجتماعی هستند، به دنبال موضوعات با اهمیت جهانی هستند و این اعتقاد را دارند که می‌توانند در جهان تغییر ایجاد کنند و فعالانه در تحقق این امر مشارکت دارند. بنابراین برای درک نابرابری‌ها از درک خود از فرهنگ خود و فرهنگ دیگران استفاده می‌کنند؛ مسائل جهانی را در رابطه با ارزش‌ها و جهان‌بینی‌های متنوع در نظر می‌گیرند؛ فعالانه برای افزایش عدالت و رفاه در جهان با دیگران مشارکت می‌کنند، همدلی و شفقت را نیز الگوسازی می‌کنند؛ بنابراین در نظر گرفتن احساس تابعیت و تعلق اجتماعی در دانش‌آموزان در چارچوب تدریس زیست‌شناسی، نه تنها فرایند یادگیری عمیق را تسهیل می‌کند بلکه باعث می‌شود فراگیران به طور فعال یادگیری خود را برای پایداری انسان و محیط زیست بهبود بخشند و با چالش‌ها و مشکلات دنیای واقعی مقابله کنند (Fullan et al, 2017).

تقویت خلاقیت/تخیل نیز در قالب آزادی طرح ایده و راه‌حل جدید و پرورش مهارت رهبری برای تبدیل ایده به عمل از دیگر ویژگی‌های مورد توجه در سطح شایستگی‌های دانش‌آموزان در الگوی بازنگری روش‌های تدریس زیست‌شناسی بود. همسو با این نتایج مطالعات گسترده‌ای بر اهمیت جایگاه تقویت خلاقیت/تخیل در تدریس زیست‌شناسی تأکید کرده‌اند (Hajibabaei &

Samadi, 2018 ؛Naseri, 2020 ؛Paredli, 2020؛ Amini Tehrani, 2016 ؛Peradley et al, 2018). در نظر گرفتن خلاقیت در تدریس زیست‌شناسی به این دلیل است که پرورش خلاقیت در دانش‌آموزان منجر به ایجاد راه‌حل‌هایی واقع‌بینانه و عملی برای مشکلات دنیای واقعی می‌شود (Fullan, 2014). دانش‌آموزان خلاق، در قاب‌بندی مشکلات و مسائل مهارت خواهند داشت و می‌توانند سؤالات را به طریقی مطرح کنند که باعث ایجاد تفکر و احتمالات شوند (Fullan et al, 2017). همچنین این دانش‌آموزان کنجکاو هستند و هنگام مواجهه با یک چالش، نه تنها به راه‌حل‌های مبتنی بر تغییر می‌رسند، بلکه می‌دانند چگونه می‌توان برنامه‌ای را ساخت و از منابع مناسب برای تحقق آن استفاده کرد. به این ترتیب مشکلات را به فرصت تبدیل کرده و راه‌حل‌های مبتنی بر چندین دیدگاه ایجاد می‌کنند. دانش‌آموزان خلاق، به عنوان یک رهبر، استقامت می‌کنند و نگرش مثبت خود را با دیگران در میان می‌گذارند؛ به‌راحتی از فرصت‌های جدید استفاده می‌کنند و شرکای و مکان‌های جدیدی را کشف می‌کنند که می‌توانند یادگیری‌شان را تعمیم دهند (Quinn et al, 2019).

تقویت تفکر انتقادی/حل‌مسأله نیز از دیگر سطوح شش‌گانه شایستگی‌های دانش‌آموزان در این الگو بود. همسو با این یافته‌ها مطالعاتی به مشکل بی‌توجهی به رشد تفکر انتقادی در روش‌های تدریس فعلی زیست‌شناسی اشاره کرده‌اند (Samadi, 2018؛ Alavian & Mansouri, 2018؛ Ahmadigol & Hatami, 2015) و این در حالی است که تحقیقات کثیری نیز بر اهمیت جایگاه تفکر انتقادی در تدریس این درس تأکید نموده‌اند (Hajibabaei & Paredli, 2020 ؛ Faghforian & Hosseini, 2014؛ Black, 2020؛ McComas et al, 2018). در این زمینه Fullan (2013) معتقد است تفکر انتقادی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا اطلاعات قابل اعتماد و مرتبط را تهیه و ارزیابی نموده، نقاط قوت و ضعف آنها را در یک استدلال ارزیابی کرده و در نهایت منطقی برای آن بیایند. این مهارت دانش‌آموزان را در درک دیدگاه‌های مخالف توانا می‌سازد و به آنها در ارتباط برقرار کردن بین ایده‌ها، موضوعات، سوالات، مسائل و فرایندهای تفکر و یادگیری، کمک می‌کند (Fullan et al, 2017). دانش‌آموزان از طریق تفکر انتقادی می‌توانند مسیرهایی را برای یادگیری پیدا کنند که دانش و اعتقادات موجود آنها را فعال، ارزیابی و ایجاد می‌کنند. تفکر انتقادی فعال در دانش‌آموزان توانایی استفاده از منطق و استدلال، نتیجه‌گیری و طراحی یک روش عملی و ارزیابی رویه‌ها و نتایج را ایجاد می‌کند و باعث می‌شود تا دانش جدید خود را برای شرایط/ زمینه‌های جدید و خاص سازگار، گسترده یا سفارشی کنند و آنچه را که آموخته‌اند، در چالش‌ها یا موقعیت‌های دنیای واقعی به کار بگیرند (Quinn et al, 2019) و این همان دستیابی یادگیری عمیق است.

ترغیب به کار تیمی و مشارکت در یادگیری، تقویت مهارت استفاده از شبکه‌های اجتماعی و همدلی در کار با دیگران در مفهوم همکاری، پنجمین شایستگی در دانش‌آموزان است. همسو با این نتایج Naseri (2020) بیان نموده است تقسیم دانش‌آموزان به چند گروه و تشکیل گروه‌های مشارکت کننده از اصول آموزش و ارزیابی درس زیست‌شناسی است. این محقق معتقد است که دانش‌آموزان باید بتوانند آنچه آموخته‌اند را در اختیار سایرین قرار دهند و در حل مسائل با دیگران به تفاهم و توافق برسند. در همین راستا Black (2020) معتقد است در این مسیر می‌توان از شبکه‌های اجتماعی بهره برد و در این مسیر آموزش سواد فناوری از ضروریات تحصیلی است. Gharibi et al (2020) و Zare et al (2018) نیز در مطالعات خود بر اهمیت مشارکت دانش‌آموزان در یادگیری درس زیست‌شناسی تأکید کرده‌اند آن را عاملی در افزایش انگیزه تحصیلی دانستند. در این زمینه Quinn et al (2019) توضیح می‌دهند که همکاری منسجم در همه سطوح برای ایجاد تغییر در شرایط یادگیری، توانایی پیشرفت همه دانش‌آموزان برای موفق شدن در یک دنیای پیچیده را ایجاد می‌کند. این محققان معتقدند جهان به دانش‌آموزانی نیاز دارد که

دارای مجموعه‌ای از مهارت‌هایی باشند که بتوانند به‌طور مؤثر با یکدیگر همکاری کنند؛ چراکه همکاری متقابل به صورت تیمی و گروهی منجر به تسهیل دستیابی به یادگیری عمیق می‌شود (Fullan, 2014؛ Fullan, 2010).

در تکمیل ویژگی همکاری، بهبود ارتباطات در قالب آموزش مهارت برقراری ارتباط به‌خصوص تقویت مهارت‌های شنیداری مورد توجه قرار گرفته است که همسو با این نتایج مطالعات بسیاری بر لزوم این مهارت‌ها در یادگیری درس زیست‌شناسی تأکید کرده‌اند (Gharibi et al, 2019؛ Alizadeh, 2018؛ Faghforian & Hosseini, 2014؛ Selvakumar & Brown, 2021). در این زمینه Fullan et al (2018) معتقد است بهبود مهارت‌های ارتباطی این امکان را به دانش‌آموزان می‌دهد تا بتوانند بیان کنند که چگونه با هم کار کنند و از نقاط قوت یکدیگر برای تصمیم‌گیری‌های اساسی و توسعه ایده‌ها و راه‌حل‌ها استفاده کنند. دانش‌آموزان باید بتوانند به خوبی گوش دهند تا بتوانند در کار تیمی مؤثر عمل کنند و درک کنند که دیدگاه‌شان از کجا نشئت گرفته و تفاوت آن با دیدگاه دیگران چیست. به این ترتیب دانش‌آموزانی که به دقت گوش می‌دهند، با احساسات و دیدگاه‌های دیگران همدردی می‌کنند و از این موارد برای غنی‌سازی یادگیری خود استفاده می‌کنند (Quinn et al, 2019).

عناصر طراحی یادگیری دومین سطح از این مدل و شامل شیوه‌های آموزشی، مشارکت‌های یادگیری، محیط یادگیری و استفاده از دیجیتال بود. در این زمینه Fullan (2013) توضیح می‌دهد معلمان باید بدانند که چگونه تجربه‌ها و چالش‌ها را داربست ببندند، آنها را دقیقاً مطابق با نیازها و علایق دانش‌آموزان تنظیم کنند و از طریق ارتباط، اصالت و پیوند با دنیای واقعی، یادگیری را به حداکثر برسانند. معلمان به مجموعه گسترده‌ای از استراتژی‌ها برای برآوردن نیازها و علایق مختلف دانش‌آموزان و درک عمیقی از مدل‌های اثبات شده (مانند تحقیق و یادگیری مبتنی بر مسئله) نیاز دارند. این تجربه‌های یادگیری طولانی‌تر، اغلب دانش‌آموزان را درگیر مشکلات مرتبط یا شبیه واقعیت می‌کند و اینجایی است که یادگیری در دنیای خارج از مدرسه عملی می‌شود. در بیشتر مواقع، این روش منجر به افزایش مشارکت یادگیری می‌شود (Fullan, 2014). بر اساس این مدل معلمان باید به تفاوت‌های فردی اعم از مهارت‌های مورد نیاز (Brahuni Moghadam, 2019؛ Samadi, A. & Beheshti, 2019؛ Scott, 2016)، علایق (Gharibi et al, 2019؛ Samadi, A. & Beheshti, 2019)، ارزش‌ها (Hosseini, 2018) و عادات یادگیری (Hadiprayitno et al, 2019؛ Cimer, 2012) در تدریس توجه کنند. فراهم نمودن دانش زیربنایی در مباحث مختلف نیز از گام‌های ابتدایی و اساسی تدریس این درس بود که در مطالعات بسیاری به آن اشاره شده بود (Alavian, 2020؛ Brahuni Moghadam, 2019؛ Farzin et al, 2019؛ Amiri et al, 2018؛ Tajik & Jalilpour, 2018؛ Ahmadigol & Hatami, 2015). به‌علاوه معلمان باید در فرایند تدریس زیست‌شناسی اطلاعات خود را در هر مبحث به روز کرده (Alavian, 2020) و سعی نمایند تا دانش و عقاید نادرست دانش‌آموزان درباره‌ی موضوع درس را اصلاح کنند (Brahuni Moghadam, 2019؛ Naseri, 2020؛ Gharibi et al, 2019؛ Basu et al, 2017). همچنین مشخص شده است که در فرایند تدریس زیست‌شناسی لازم است معلمان با پرسیدن سؤالات چالشی (Hajibabaei & Paredli, 2020؛ Samadi, 2018؛ Samadi, A. & Beheshti, 2019؛ Taqavi, 2016) و باز پاسخ (Paul, 2018؛ koc-januchta et al, 2020) و یا تشویق به مناظره و مباحثه (Hajibabaei & Paredli, 2020؛ Paul, 2018؛ Seif et al, 2018؛ Selvakumar & Brown, 2021) نقش فعال کننده‌ای را در تدریس ایفا کنند. در این مسیر معلم باید بتواند شنونده‌ای فعال باشد و به تمام دانش‌آموزان بازخورد دهد (Paul, 2018؛ Tajik & Jalilpour, 2018). استفاده از مشوق‌ها نیز کمک کننده

است (Davidesco & Tanner, 2020). بر اساس این الگو، انتخاب مسیر یادگیری به عهده‌ی دانش‌آموزان است (Naseri, 2020؛ Samadi, A. & Beheshti, 2019؛ Farrokhi & Akbarpour, 2019؛ Dehwari & Rudini, 2017؛ Reiss, 2018؛ Basu et al, 2017). دیگر اصل آموزشی زیست‌شناسی درگیر نمودن دانش‌آموزان در یادگیری است که با استفاده از آزمایش و بازدید علمی، تحقیق و پژوهش، مسابقه و سرگرمی و عینی نمودن مفاهیم (استفاده از شبیه سازها، عکس و فیلم، نقشه‌های مفهومی، مولاژ، دست‌سازه‌ها و بخشبندی کردن به اجزاء کوچکتر) می‌توان به این مهم دست یافت. لازم است در ارزیابی درس زیست‌شناسی به چند نکته توجه نمود؛ دانش‌آموزان می‌توانند میزان پیشرفت سطح علمی خود را ارزیابی کنند (Naseri, 2020). از طرفی معلم نیز باید به شکلی مستمر و نامحسوس در قالب فردی و گروهی به ارزیابی پیشرفت دانش‌آموزان بپردازد (Naseri, 2020؛ Kordian et al, 2018).

افزایش مشارکت یادگیری بعدی دیگر از عناصر آموزشی تدریس زیست‌شناسی است؛ از نظر Fullan (2014) مشارکت‌های یادگیری بر روابط جدیدی در یادگیری تأکید می‌کند که باعث تغییر صدا، کنترل و تعاملات می‌شود. از این منظر دانش‌آموزان و معلمان نه تنها شریک یادگیری یکدیگرند بلکه به صورت خلاقی نیز در حال یافتن راه‌هایی برای مشارکت با دیگر دانش‌آموزان در سایر کلاس‌ها، مدارس و کشورها و همچنین با والدین، کارشناسان و جامعه هستند (Fullan et al, 2018). روابط جدید پتانسیل این را دارند که با اتصال دانش‌آموزان به فرصت‌های اصیل در سطح محلی، ملی و جهانی، یادگیری را دوباره تنظیم کنند. هرچه یادگیری مرتبط‌تر و معتبرتر شود، از دیوارهای کلاس فراتر می‌رود و به طور طبیعی بر اساس علاقه‌ها و استعدادها بنا می‌شود (Quinn et al, 2019). بر اساس یافته‌های حاصل از این پژوهش، افزایش مشارکت‌های یادگیری در سطح کلاسی (Alizadeh, 2018؛ Faghforian & Hosseini, 2014) و همچنین سطح جهانی (Farhadi-Moghadam & Jami-Ahmadi, 2021) اهمیت دارد.

محیط یادگیری از دیگر ابعاد حائز اهمیت از عناصر آموزشی است دارای دو جنبه است. مورد اول شامل پرورش یک فرهنگ یادگیری است که توانایی بالقوه دانش‌آموزان را آزاد می‌کند. بر اساس یافته‌های این پژوهش برای دستیابی به فرهنگ یادگیری می‌بایست به یادگیری عمیق (Nasirpour, A & Zare, 2019؛ Taqavi, 2016) و تقویت سطوح شناختی (Nasirpour, A & Zare, 2019؛ Farrokho & Veisi Kohra et al, 2014؛ Taqavi, 2016؛ Najafi, 2019) تکیه کرد. مورد دوم به طراحی فضای فیزیکی و مجازی می‌پردازد که کسب شایستگی‌ها را بهینه و مطلوب می‌سازد. به اعتقاد Fullan (2013) فرهنگ یادگیری در فضایی پرورش می‌یابد که در آن دانش‌آموزان برای خطر کردن، احساس امنیت دارند. این فضا زمانی مهیا می‌شود که معلمان هنجارهای مربوط به تعلق را ایجاد کنند؛ برای هر صدایی اهمیت قائل باشند؛ همدلی را مدل‌سازی کنند؛ عمیقاً به نیازها و علایق دانش آموز گوش دهند و کارها را به گونه‌ای تنظیم و سازماندهی کنند که دانش آموزان به عنوان یادگیرنده احساس شایستگی داشته باشند (Fullan & Langworthy, 2014). از سوی دیگر به منظور دستیابی به یادگیری عمیق، فضاهای فیزیکی و مجازی چندبعدی و انعطاف‌پذیر لازم است؛ فضاهایی که برای همکاری گروه‌های بزرگ و کوچک مناسب؛ برای تأمل و شناخت، آرام و برای تحقیق و جست‌وجو، فعال است و به طور شفاف منابعی غنی در دسترس قرار می‌دهند (Fullan, 2013). در این زمینه مشخص شده است که در طراحی فضا فیزیکی برای تدریس زیست‌شناسی مشخص شده است که می‌بایست تعداد فراگیران در گروه‌های آموزشی کم باشد (Farhadi-Moghadam, B. & Jami-Ahmadi, 2021؛ Samadi, A. & Beheshti, 2019)، برای اکتشاف فرصت وجود داشته باشد (Hajibabaei & Paredli, 2020؛ Paul, 2018؛ Samadi, A. & Beheshti, 2019)، چیدمان صندلی‌ها

نیم‌دایره‌ای باشد (Paul, 2018) و محیط متنوع و جذاب شود (Paul, 2018؛ Imani et al, 2018). بر کاربردی بودن آموزش مجازی در تدریس زیست‌شناسی نیز در مطالعات گسترده‌ای تأکید شده است (Hajibabaei & Paredli, 2020؛ Farzin et al, 2019). استفاده از ابزار دیجیتال شامل استفاده از نمایش گرافیکی (Brahuni Moghadam, 2019)؛ استفاده از فیلم و عکس (Paul, 2018)، استفاده از واقعیت افزوده (Gharibi et al, 2019؛ Mohebi, 2018؛ Farrokhi & Lohrasbi, 2018؛ Samadi, 2018).

سومین سطح از اصلاحات آموزشی، شرایط یادگیری است؛ بر اساس نتایج این تحقیق در تعیین شرایط یادگیری برای درس زیست شناسی، ابتدا می‌بایست نقاط ضعف مدارس در نظر گرفته شود که امکانات کم (Samadi, A. & Hajibabaei & Paredli, 2020؛ Beheshti, 2019؛ Viadero & Sparks, 2021)؛ زمان ناکافی برای استفاده از امکانات (Peradley et al, 2018؛ Faghforian & Hosseini, 2014؛ Cimer, 2012) و عدم مهارت معلمان در استفاده از امکانات (Peradley et al, 2018) تاکنون شناسایی شده‌اند. در گام بعدی تعیین مشکل در سیاست‌گذاری‌ها نیاز به تغییر محتوای کتب درسی (Farhadi-Moghadam & Hajibabaei & Paredli, Jami-Ahmadi, 2021؛ Saadati & Abbasi Manas, 2019؛ Zare et al, 2018)، نیاز به تغییر در رویکردهای آموزشی (Farhadi-Moghadam & Jami-Ahmadi, 2021؛ Zare et al, 2018؛ Avesta et al, 2018؛ Plutzer et al, 2020)، نیاز به تغییر در شیوه‌ی ارزشیابی (Farhadi-Moghadam & Jami-Ahmadi, 2021؛ Alavian & Mansouri, 2018)، اصلاح دوره‌های ضمن خدمت معلمان (Hajibabaei & Paredli, 2020؛ Zare et al, 2018؛ Cimer, 2012) و اصلاح برنامه آماده‌سازی معلمان (Alavian & Mansouri, 2018؛ Rajaei, 2018؛ Moradi, 2016). بر اساس نظر Fullan (2013) شرایط لازم برای یادگیری عمیق در سه موضع مدرسه، منطقه و سیستم‌ها مورد توجه است. به‌منظور فراهم آوردن شرایط ایجاد یادگیری عمیق در مدارس لازم است ابتدا فرهنگ یادگیری برای مربیان و دانش‌آموزان ایجاد و پرورش یابد؛ در هنجارها و روابط، شفافیت به‌وجود آید؛ مهارت‌ها و زبان مشترکی با استفاده از آموزش مبتنی بر شواهد ایجاد و مکانیزم‌هایی برای شناسایی و به اشتراک گذاشتن شیوه‌های ابتکاری تعریف شود و در نهایت فرصت‌های پایداری برای معلمان فراهم گردد تا ظرفیت خود (دانش و مهارت‌ها) را در استفاده از روش‌های نوین تقویت کنند (Fullan, 2014).

سطح آخر فرایند تحقیق مشترک است. فرایند تحقیق مشترک به معنای استفاده از معلمان برای طراحی تجارب یادگیری عمیق از سوی تیم‌های متخصص به منظور ارزیابی شرایط مورد نیاز برای تقویت یادگیری عمیق در سطح مدرسه و سیستم است (Fullan & Langworthy, 2014). در این زمینه در الگوی تدوین شده بر دو بعد بررسی مشکل معلمان در اجرا و همچنین در ارزشیابی تأکید شد که مورد تأیید مطالعات پیشین بود (Hadiprayitno et al, 2019؛ Zare et al, 2018؛ Plutzer et al, 2020؛ McComas et al, 2018). بر اساس نظر Fullan (2013) تحقیق مشترک فرایندی برای بررسی شیوه‌ها و فرضیات موجود از طریق تعامل با همکاران یا همسالان است. این یک استراتژی قدرتمند برای تغییر است؛ زیرا به طور همزمان گفتگوی حرفه‌ای را ترویج می‌دهد و مستقیماً به بهبود یادگیری دانش‌آموز کمک می‌کند. این نه تنها فرایندی برای حل مسئله و پالایش شیوه‌های فردی بلکه یک رویکرد سیستمی برای استفاده از شواهد یادگیری دانش آموزان برای ساخت تیم‌های مشارکتی و مدارس کارآمد است. برای تحقق فرایند تحقیق مشترک می‌بایست به معلمان فرصت‌های امن و بی‌خطر برای گفتگو، برنامه ریزی و همکاری با همتایانشان در مورد یادگیری عمیق داده شود؛ به معلمانی که قدرت یادگیری عمیق را در کلاس‌های خود تجربه کرده‌اند، زمانی برای به اشتراک‌گذاری داستان‌های خود داده شود. بازدید از کلاس‌ها و مدارس دیگری که

این رویکرد جدید در آن ریشه دارد را تشویق نمود؛ ارتباطات با سایر مدارس و متخصصان حوزه یادگیری عمیق را تسهیل کرد و والدین را به عنوان شریک در درک عناصر یادگیری عمیق درگیر فرایند یادگیری کرد (Fullan, 2014).

با توجه به آنکه نتایج ارائه شده در پژوهش حاضر مختص درس زیست‌شناسی است، تعمیم یافته‌ها به سایر دروس را با محدودیت‌هایی مواجه می‌سازد. بنابراین به محققان حوزه‌ی علوم تربیتی، انجام پژوهشی در راستای سنتزپژوهی روش‌های تدریس سایر دروس و در مقاطع دیگر تحصیلی پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

از کلیه متخصصان شرکت کننده در پژوهش کمال قدردانی را داریم.

منابع

Ahmadigol, J. & Hatami, J. (2015). The effect of teaching through multimedia on the learning rate of biology course. Educational Technologies in Learning, 2(6): 3-18. https://doi.org/10.22054/jti.2018.22598.1214 [Persian]

Alavian, F. (2020). Teaching genetics beyond the high school biology textbook. Research in Biology Education, 2(2): 37-53 https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1399.2.3.4.5 [Persian]

Alavian, F & Mansouri, A. (2018). Examining the knowledge structure of biology teachers in accepting or rejecting the theory of evolution of species (case study). Research in Biology Education, 1(2): 15-26. https://journals.cfu.ac.ir/article_1015.html [Persian]

Alizadeh, B. (2018). A review of the application of brain-based education in the biology class. Research in Biology Education, 1(2): 57-68. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.2.5.7 [Persian]

Amini Tehrani, M. (2016). Creativity in teaching biology. Biology Education Development Quarterly, 104: 1-12. https://www.magiran.com/p1631491 [Persian]

Amiri, M., Jamshidian Mujar, M. & Farzin, H. (2018). Investigating the attitude of high school students towards biotechnology (a case study of students in the 9th education district of Mashhad). Research in Biology Education, 1(3): 1-12. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.3.1.5 [Persian]

Askari, M. & Seif, A. (2007). Comparison of the effect of written assignments on the critical thinking of male students of the first year of Malair secondary school in biology and social studies. Educational Psychology Quarterly, 3(10): 1-33. https://jep.atu.ac.ir/article_2115.html [Persian]

Avesta, M., Imani, F. & Alavian, F. (2018). Analysis of the content of the biology book of the tenth grade of the second year of high school in the field of experimental sciences from the perspective of being active and passive based on William Rumi's model. Research in Biology Education, 1(1): 50-61. https://sid.ir/paper/269425/fa [Persian]

Basu, A., Aglira, D., & Spotila, J. R. (2017). Learning High School Biology in a Social Context. Creative Education, 8: 2412-2429 doi:10.4236/ ce.2017.815165

Behrangi, M. & Nasiri, R. (2015). The effect of teaching experimental sciences with the education management model on the self-directed learning of third year middle school students. A New Approach in Educational Management, 7(4): 1-12. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086369.1395.7.28.6.1 [Persian]

Black, P. (2020). A revolution in biochemistry and molecular biology education informed by basic research to meet the demands of 21st century career paths. J Biol Chem, 295(31):10653-10661 https://www.jbc.org/article/S0021-9258(17)50104-0/fulltext

Brahui Moghadam, N. (2021). A review of common misunderstandings in concepts related to plants in general education. Research in Biology Education, 2(3): 15-28. https://sid.ir/paper/416470/fa [Persian]

Conference of Psychology and Social Sciences, Tehran. https://civilica.com/doc/777627 [Persian]

DeVon, HA., Block, ME., Moyle-Wright, P., Ernst, DM., Hayden, SJ., Lazzara, DJ., et al. (2007). A psychometric toolbox for testing validity and reliability. Journal of Nursing scholarship, 39(2):155-64. doi:10.1111/j.1547-5069.2007. 00161.x.

Faghforian, M. & Hosseini, Kh. (2014). A comparative study of traditional and modern teaching methods in biology education. The 3rd National Conference of Madrasah Farda, Chalus. https://civilica.com/doc/403258 [Persian]

Farhadi-Moghadam, B. & Jami-Ahmadi, H. (2021). Examining the challenges of the first stage of the student Biology Science Olympiad exam and approaches to its improvement in Iran. Quarterly Journal of Research in Biology Education, 2(3): 13-3https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252. 1399.2.3.1.2 [Persian]

Farrokhi, A. & Akbarpour, M. (2019). A review of research-based teaching method (IBSE) in biology education. Research in Biology Education, 2(6): 77-86. https://dorl.net/dor/ 20.1001.1.27172252.1399.2.2.6.5 [Persian]

Farrokhi, A & Najafi, A. (2019). Investigation of teaching and learning based on cognitivism in biology education. Research in Biology Education, 2(5): 29-40. https://dorl.net/dor/ 20.1001.1.27172252.1399.2.1.3.0 [Persian]

Farrokhi, A. & Lohrasbi, M. (2018). Teaching biology with a technological approach. Research in Biology Education, 1(3): 31-42. https://www.sid.ir/paper/269429/fa [Persian]

Farzin, H., Jamshidian Mozhar, M., Amiri, M. & Gharin, A. (2019). Evaluation of the status of virtual education of biology among 11th grade female students in Bojnord city. Research in Biology Education, 2(1): 19-28. https://dorl. net/dor/20.1001.1.27172252.1399.2.1.2.9 [Persian]

Fathullahzadeh Ilvanaq, A., Ansarirad, P. & Zare, Z. (2018). Evaluation of the effectiveness of

Barkhan, M. & Keypour, S. (2022) Examining new methods of teaching biology in recent years in Iran and other countries, 7th National Conference on Innovation and Research in Management, Psychology and Education, Tehran [Persian]

Brahuni Moghadam, N. (2019). The necessity of familiarizing biology course teachers and biology students with the ethical principles (3RS principles) of research on laboratory animals. Research in Biology Education, 2(6): 49-64. https://dorl.net/dor/20.1001.1. 27172252.1399.2.2.4.3 [Persian]

Brahuni Moghadam, N. (2019). Analysis of the content of the biology section of experimental science books of the first high school course based on Merrill's educational design model. Research in Biology Education, 2(1): 1-17. https://bioedu.cfu.ac.ir/article_1444.html [Persian]

Chen, Y., So, W.M. (2017). An investigation of mainland china high school biology teachers' attitudes toward and ethical reasoning of three controversial bioethics issues. *Asia Pac. Sci. Educ*, 3(1): https://doi.org/10.1186/s41029-016-0012-6

Ching, T., Himmelstein, D. S., Beaulieu-Jones, B. K., Kalinin, A. A., Do, B. T., Way, G. P., et al. (2018). Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. *Journal of the Royal Society Interface*, *15*(141): [20170387]. https://doi.org/10.1098/rsif.2017.03 87

Cimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. Educational Research and. Reviews, 7(3): 61. DOI: 10.5897/ERR11.205

Davidesco, I., & Tanner, K.D. (2020). Cross-Disciplinary Research in Biology Education: Challenges and Opportunities [Editorial]. CBE-Life Sciences Education, 19(3): 209-215. https://doi.org/10.1187/cbe.20-07-0150

Dehwari, M. & Rudini, A. (2017). Investigating factors affecting the learning of biology topics in the second year of high school. 11th International

schools in Lombok Island. *The International Seminar on Bioscience and Biological Education*, 1241: 12-54. DOI 10.1088/1742-6596/1241/1/ 012054

Hajibabaei, M. & Paredeli, M. (2020). The effect of virtual lessons of biology course on the creativity of experimental science students (a case study of 10th grade students in the 9th education district of Tehran). Research in Biology Education, 2(6): 65-76. https:// journals.cfu.ac.ir/article_1700.html [Persian]

Hosseini, F. (2018). The principles and methods of teaching biology, the first national conference of Farda School, Ardabil https://civilica.com/ doc/1013210 /[Persian]

Imani, F., Avesta, M. & Rajaei, M. (2018). A review of new methods of teaching biology. Research in Biology Education, 1(4): 43-56. https://dorl. net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.4.4.0 [Persian]

Kaveh, M. & Hedayati, F. (2015). Meta-analysis of the content of the biology book of the second year of the new high school system based on the Plesk model of creativity. Educational Innovations, 16(61): 91-110. https://noavaryedu.oerp.ir/article _79113.html [Persian]

Kordian, P.; Zare, Z. & Ansari Rad, P. (2018). The effect of teaching biology through the teachers' lesson study method on increasing students' grades (a case study of secondary school students in Tehran). Research in Biology Education, 1(3): 43-52. https://www. sid.ir/paper/269433/fa [Persian]

Koc-januchta, M., schonborn, K., Tibell, L., Chaudhri, V & Heller, C. (2020). Engaging With Biology by Asking Questions: Investigating Students' Interaction and Learning with an Artificial Intelligence-Enriched Textbook. Journal of Educational Computing Research, 58(6): 1190-1224. https://doi.org/10.1177/ 0735633120921581

Kovač, V., Nome, D., Jensen, A & Skreland, L. (2023). he why, what and how of deep learning: critical analysis and additional concerns. teaching method E 5 in the cognitive field of learning biology. Research in Biology Education, 1(1): 31-49. https://www.sid.ir/ paper/269428/fa [Persian]

Fauzi, A., Rosyida, A. M., Rohma, M., & Khoiroh, D. (2021). The difficulty index of biology topics in Indonesian Senior High School: Biology undergraduate students' perspectives. JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), 7(2): 149-158 https://doi.org/ 10.22219/jpbi.v7i2.16538

Fullan, M., Quinn, J., McEachen, J. (2017). *Deep Learning: Engage the World Change the World.* Kindle Edition. https://www.amazon. com/Deep-Learning-Engage-World-Change/dp/1506368581

Fullan, M. (2014). *The principal: Three Keys to Maximizing Impact*. San Francisco: Jossey-Bass.

Fullan, M. (2013). *Great to Excellent: Launching the Next Stage of Ontario's Education Agenda.* Retrieved from: http://www.edu. gov.on.ca/ eng/document/reports/FullanReport_EN_07.pdf

Fullan, M. (2010). *All systems go: the change imperative for whole system reform.* The United States of America, Corwin (A SAGE Company) https://www.amazon.com/All-Systems-Go-Change-Imperative/dp/1412978734

Gharibi, F., Natghi, F., Mousavipour, S & Seifi, M. (2019). Phenomenology of Augmented Reality based teaching method in biology course. Research in Biology Education, 2(6): 18-3. https://www.sid.ir/paper/386147/fa [Persian]

Gough, D., Thomas, J. & Oliver, S. (2012). Clarifying differences between review designs and methods. *Syst Rev* **1**, 28. https://doi.org/ 10.1186/2046-4053-1-28

Grogans, S., Bliss-Moreau, E., Buss, K., Clark, L., Fox, A & Keltner, D. (2023). The nature and neurobiology of fear and anxiety: State of the science and opportunities for accelerating discovery. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 151: 105237. doi:10.1016/j. neubiorev.2023.105237.

Hadiprayitno, G., Muhlis, G & Kusmiyati, G. (2019). Problems in learning biology for senior high

30(2): 4-8. https://www.magiran. com/p1631495 [Persian]

Mohebi, F. (2018). "Augmented reality" technology and its application in biology education. Research in Biology Education, 1(3): 73-84. https:// ensani.ir/file/download/ article/66eaae7379bdf-10414-33-6.pdf [Persian]

Moradi, Kh. (2016). New method of teaching biology and comparison with traditional methods. The second national conference of new approaches in education and research, Mahmudabad. https://civilica.com/doc/ 702146 [Persian]

Naseri, N. (2019). A look at two new approaches in teaching biology: constructivism and the use of creativity. Research in Biology Education, 2(3): 65-74. https://www.sid.ir/ paper/416185/fa [Persian]

Nasirpour, A & Zare, Z. (2019). Comparison of the effectiveness of the concept map teaching method with the lecture method in learning biology. Research in biology education. 28-19 (6)2. https://sid.ir/paper/408730/fa [Persian]

O'Brien, T., Stremmel, J., Pio-Lopez, L., McMillen, P., Rasmussen-Ivey, C et al. (2024). Machine learning for hypothesis generation in biology and medicine: exploring the latent space of neuroscience and developmental bioelectricity. Digital Discovery, 3:249-263 https://doi.org/ 10.1039/ D3DD00185G

Ong, S.G.T., & Quek, G.C.L. (2023). Enhancing teacher–student interactions and student online engagement in an online learning environment. *Learning Environ Res*, 26: 681–707 https://doi.org/10.1007/s10984-02209447-5

Ordu, U. (2021). The Role of Teaching and Learning Aids/Methods in a Changing World. New Challenges to Education: Lessons from Around the World, 19: 210-217. https://files. eric.ed.gov/fulltext/ED613989.pdf

Peradley, M., Maboudi, A. & Salem Naderi, M. (2018). Comparative assessment of the students' and teachers' views of high schools in the 9th district of Tehran about the challenges of using Education Inquiry, 26: 1-17. https://doi.org/10.1080/20004508.2023.2194502

Krenn, M., Pollice, R., Guo, S.Y. Aldeghi, M., Cervera-Lierta, A., Friederich, P. (2022). On scientific understanding with artificial intelligence. *Nat Rev Phys*, 4: 761–769 https://doi.org/10.1038/s42254-022-00518-3

Li, K., Zhao, J., Kang, Q & Wang, S. (2022). Academician Wen-Rui Hu — Eminent Pioneer and Prominent Leader of Microgravity Science in China. *Microgravity Science and Technology*, 34 (19): 15-40. https://doi.org/10.1007/s12217-022-09934-7

McComas, W., Reiss, M., Dempster, E., Chung, Y., Olander, C. (2018). Considering Grand Challenges in Biology Education: Rationales and Proposals for Future Investigations to Guide Instruction and Enhance Student Understanding in the Life Sciences. The American Biology Teacher, 80(7):483-492 https://discovery.ucl.ac.uk/10057320/1/Reiss_McComas%20et%20al%202018%20Grand%20Challenges%20in%20Biology%20Education.pdf

Mehrmohammadi, M & Hosseini, M. (2018). Changing and implementing the curriculum. Tehran: Samt. [Persian]

Mesbah, Z. & Behrangi, M. (2018). The effect of the application of the educational management model in the transformational leadership style of biology teachers on the responsibility and academic progress of students in the biology course. Research in Biology Education, 1(2): 35-56 https://dorl.net/dor/20.1001.1. 27172252.1398.1.2.4.6 [Persian]

Mesrabadi, J., Hosseini Nasab, D., Fathi-Azer, A. & Moghadam, M. (2007). Investigating the effectiveness of the concept map teaching-learning strategy on cognitive-emotional efficiency in learning biology. New Psychological Research, 2(8): 105-128. https://psychologyj.tabrizu.ac.ir/article_4356.html?lang=fa

Moghadasi, R. (2015). Teaching biology in Iranian schools. Development of Biology Education,

biology education of Farhangian University in comparison with the previous curriculum. Research in Biology Education, 1(1): 5-14. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.1.2.2 [Persian]

Reiss, M. J. (2018). Biology Education: The Value of Taking Student Concerns Seriously. *Education Sciences*, 8(3): 130. https://doi.org/10.3390/educsci8030130

Saadati, A. & Abbasi Manas, Q. (2019). Analysis of the content of the 12th grade biology book based on William Rumi's method. Research in Biology Education, 2(5): 63-76. https://www.sid.ir/paper/398355/fa [Persian]

Samadi, A. (2018). Challenges in biology education and the role of creativity in increasing its learning. Research in Biology Education, 1(1): 15-30. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.1.3.3 [Persian]

Samadi, A. & Beheshti, H. (2019). Effective teaching strategies according to the goals of the fundamental transformation document in biology education. National Biology Education Conference. https://eaceb.cfu.ac.ir/ paper?manu=10730 [Persian]

Scott, F. J. (2016). An investigation into students' difficulties in numerical problem-solving questions in high school biology using a numeracy framework. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(2): 115-128. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ EJ1107794.pdf

Smith, A. (2017). An investigation in note-taking strategies. A professional paper submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree. https://scholarworks.montana.edu/bitstreams/10aae2a4-1695-4464-acce-0a062ded2555/downlo

Stasinakis, P. K., & Athanasiou, K. (2016). Investigating Greek biology teachers' attitudes towards evolution teaching with respect to their pedagogical content knowledge: Suggestions for their professional development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology* technology in biology education. Research in Biology Education, 1(4): 71-81. https://bioedu.cfu.ac.ir/article_1254.html?lang=fa [Persian]

Peradley, M., Rabiei, M. & Zainalzad, M. (2018). Comparative content analysis of motor system section of biology book 2 and muscle system section of natural science book of American schools using Guilford's creativity method. Research in Biology Education, 1(1): 72-82. https://sid.ir/paper/269424/fa [Persian]

Parishani, N., Neely, M., Mirshah Jafari, A. & Agha Mohammadi, S. (2012). The effect of self-efficacy training on students' behavioral performance in biology. Teaching Research, 1(2): 81-89. https://dorl.net/dor/20.1001.1.24765686.1392.1.2.8.6 [Persian]

Parishani, N., Mirshah Jafari, A. & Abedi, A. (2010). The effect of technological active education (TEAL) in biology course on students' academic perception. Studies in Teaching and Learning, 3(1): 1-12. https://jsli.shirazu.ac.ir/article_213.html [Persian]

Paul, U. (2018). Constructivist Approach in Teaching Life Science – an Innovative Practice in Classroom at School level. Reg. No. S/IL/86866 of 2011-2012 All India Science Teachers' Association, W.B., India.

Plutzer, E., Branch, G. & Reid, A. (2020). Teaching evolution in U.S. public schools: a continuing challenge. *Evo Edu Outreach* 13(14): https://doi.org/10.1186/ s12052-020-00126-8

Porozovs, J & Dudkina, A. (2019). Secondary School and University Students' Interest in Science Subjects in Connection to the Choice of Profession. Proceedings of the International Scientific Conference. 1(2): 432-441 https://journals.ru.lv/index.php/SIE/article/view/3741

Quinn, J., McEachen, J., Fullan, M., Gardner, M., & Drummy, M. (2019). Dive into deep learning: Tools of engagement. Thousand Oaks, CA: Corwin Press. https://eric.ed. gov/?id=ED597945

Rajaei, M. (2018). Examining the strengths and weaknesses of the new curriculum in the field of

research, Mahmudabad. https://civilica.com/doc/701729 [Persian]

Veisi Kohra, S., Kurdnoqabi, R. & Farhadi, M. (2014). The effect of teaching biology by inductive thinking method on the learning levels of biology lesson of second grade male high school students. Research in Curriculum Planning, 12(17): 99-109 https://journals.iau.ir/article_534368.html [Persian]

Veisi Kohra, S., Imani, P., Kurdenoqabi, R., Farhadi, M & Behrouz, B. (2013). Investigating the effect of teaching biology by inductive thinking method on increasing students' creativity. Research in curriculum planning, 11(16): 14-23. https://journals.iau.ir/article_534349.html [Persian]

Viadero, D & Sparks, S. (2021). 6 Challenges for Science Educators. https://www.edweek.org/teaching-learning/6-challenges-for-science-educators/2021/11

Weng, C., Chen, C. & Ai, X. (2023). A pedagogical study on promoting students' deep learning through design-based learning. Int J Technol Des Educ 33: 1653–1674 https://doi.org/10.1007/s10798-022-09789-4

Yan, P., Liu, Y., Jia, Y., Zhao, T. (2024). Deep Learning and Machine Learning Applications in Biomedicine. Appl. Sci, 14: 307. https://doi.org/10.3390/app14010307

Zare, F. & Rezaiyan, L. (2018). Analysis of the content of the 10th grade biology textbook by Flash, McLaughlin and Close method. Research in Biology Education, 1(4): 1-14. https://www.sid.ir/paper/361665/fa [Persian]

Zare, Z., Hosnifar, J. & Ansari Rad, P. (2018). Evaluation of the quality of the curriculum of the undergraduate biology education course of Farhangian University from the point of view of student teachers. Research in Biology Education, 1(4): 15-32. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.4.2.8 [Persian]

Education, 12(6): 1605–1617. https://www.ejmste.com/article/investigating-greek-biology-teachers-attitudes-towards-evolution-teaching-with-respect-to-their-4563

Savabkar, A., Mahdavi, L. & Qudousi, F. (2018). Investigating the effect of the new structure of the 10th biology book on teachers' educational performance. Research in Biology Education, 1(4): 57-70. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1398.1.4.5.1 [Persian]

Seif, S. (2020). Psychology of growth. Tehran: Organization for Studying and Compiling Humanities Books of Universities. [Persian]

Seif, M., Rabiei, M. & Lotfi Panah, S. (2018). Comparison of lecture teaching method with group discussion teaching method in biology education at Farhangian University of Tehran. Research in Biology Education, 1(2): 27-34. https://www.sid.ir/paper/269422/fa [Persian]

Selvakumar, B & Brown, A. (2021). How can high school students explore biology to challenge the concept of race? racial health equity.org https://www.racialhealthequity.org/blog/2021/7/26/how-can-high-school-students-explore-biology-to-challenge-the-concept-of-race

Showakhi, A., Naderi, A. & Abedi, A. (2007). Comparing the effect of three teaching-learning approaches on students' learning performance in biology course. Daneshvar Behavat, 14(24): 1-10. https://www.sid.ir/ paper/46427/fa [Persian]

Tajik, F. & Jalilpour, J. (2018). Effectiveness of teaching using the Instagram social network in teaching the topic of musculoskeletal problems in the 12th grade health and hygiene book. Research in Biology Education, 1(1): 62-71. https://journals.cfu.ac.ir/article_829. html [Persian]

Taqavi, M. (2016). A comparative study of teaching biology using traditional methods and modern teaching methods. The second national conference of new approaches in education and