

## بررسی کارایی ارائه یک رویکرد آموزشی مبتنی بر یادگیری مشارکتی در کلاس‌های مجازی و بررسی کارایی آن در بهبود عملکرد دانشجویان دانشجومعلم‌ان در یک دوره آنلاین شیمی عمومی

امیرحسین چشمه خاور<sup>۱</sup>، سید محسن موسوی<sup>۲</sup>

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۱۳

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان اثربخشی یک روش فعال یادگیری مبتنی بر فعالیت‌های یادگیری مشارکتی، بر عملکرد تحصیلی دانشجومعلم‌ان رشته آموزش شیمی در یک دوره مجازی شیمی عمومی ۱ انجام گردید. جامعه آماری در این پژوهش ۵۱ دانشجومعلم‌ان رشته آموزش شیمی دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید باهنر اصفهان، شرکت داشتند که ۲۸ نفر آن‌ها در گروه آزمایش و ۲۳ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. برای هر دو گروه مدرس و سرفصل‌های تدریس شده کاملاً یکسان بوده و تفاوت در روش تدریس بود. برای گروه آزمایش از روش یادگیری مبتنی بر یادگیری مشارکتی با مشارکت فعال دانشجویان استفاده شد و روش مورد استفاده برای گروه کنترل سخنرانی بود. از هر دو گروه آزمایش و کنترل پیش‌آزمون و پس‌آزمون به عمل آمد و نتایج با استفاده از روش آمار استنباطی تحلیل کوواریانس تک متغیری (ANCOVA) تجزیه و تحلیل شد. نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنادار رویکرد آموزشی اتخاذ شده بر عملکرد دانشجومعلم‌ان بود. روش یادگیری مشارکتی به طور قابل توجهی به دستاوردهای یادگیری بالاتری نسبت به روش سخنرانی منجر شد. اتخاذ رویکردی با هدف افزایش فعالیت دانشجومعلم‌ان در آموزش از راه دور و همچنین ایجاد یادگیری عمیق مبتنی بر تحقیق و کار گروهی نقش مهمی در بهبود عملکرد دانشجومعلم‌ان داشت.

**کلمات کلیدی:** آموزش مجازی، یادگیری مشارکتی، ANCOVA، مهارت‌های تفکر مرتبه بالاتر.

<sup>۱</sup> . گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران، نویسنده مسئول، a.cheshmekhavar@cfu.ac.ir

<sup>۲</sup> . گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

## مقدمه

اگر چه ایجاد دانشگاه‌های مجازی از مدت‌ها قبل در بسیاری از دانشگاه‌های جهان و به تبع آن در ایران آغاز شده بود اما با شیوع ویروس کرونا و لزوم رعایت دستورالعمل‌های بهداشتی و دوری از تجمعات، به یک‌باره روند تبدیل فضای آموزش سنتی به سمت آموزش مجازی با شتاب بیشتری دنبال شد که در ابتدا به دلیل فراهم نبودن زیرساخت‌های مناسب، مشکلاتی را به وجود آورد. تا قبل از همه‌گیری کووید-۱۹، تجربه یک دوره ۱۰۰ درصد آنلاین شیمی در بسیاری از دانشگاه‌های دنیا وجود نداشت. در قرن بیست و یکم، روش‌های تدریس باید به شیوه‌ای تغییر کنند تا فناوری در یادگیری ادغام شود (سلام<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹؛ شیدیق<sup>۲</sup>، ۲۰۱۹). در این راستا، همه‌گیری به عنوان یک نیروی محرکه برای افزایش سهم فناوری در آموزش عمل کرد. اگر قبل از همه‌گیری، آموزش فقط از معلمان و مدرسان بهره می‌برد و کتاب به عنوان منبع اصلی اطلاعات محسوب می‌شد، در دوران همه‌گیری از ابزارها و فضاهای ارتباطی جدید استفاده شد. فناوری تأثیر بسزایی در آموزش داشته است و به عنوان ابزاری قدرتمند توانسته است آموزش را از جهات مختلف متحول کند (محمدی، ۱۴۰۲؛ کشمیری، ۱۳۹۸). طراحی فضای یادگیری بر اساس فناوری انعطاف‌پذیر عامل اصلی ایجاد یک یادگیری آنلاین موثر است (نیل<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸). با این حال در کنار مزایای یادگیری الکترونیک، همچون کاهش هزینه‌های یادگیری و هزینه‌های جانبی در دانشگاه‌ها و مدارس، توسعه زیرساخت‌های الکترونیک، تقویت مهارت‌های دیجیتال دانشجویان و دانش‌آموزان، افزایش ظرفیت کلاس‌ها در جهت کاهش مشکلات ناشی از کمبود اعضاء هیات علمی و...، بزرگ‌ترین مشکل در آموزش مجازی، مسئله تأثیر حضور در ایجاد ارتباط دوسویه مدرس و فراگیر، در جهت افزایش کیفیت آموزشی می‌باشد است (چن<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰). با توجه به عدم زیرساخت مناسب اینترنت، تعامل لازم در کلاس‌های برخط وجود ندارد و بسیاری از دانشجویان در مباحث درسی مشارکت نمی‌کنند. در آموزش حضوری، یادگیری چشمی وجود دارد و ارتباط کلامی با استاد نیز هوشیاری بیشتری برای دانشجو ایجاد می‌کند که این موارد در آموزش مجازی نقش چندانی ندارند. کاهش تعامل مدرس-فراگیر و فراگیر-فراگیر و همین‌طور بروز کج‌فهمی-ها و چالش مرتبط در یادگیری مجازی است (شهبازی، ۱۴۰۰). تعامل، مکانیسم کلیدی برای ارتقا یادگیری است (ژنگ<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰). شواهد زیادی نشان می‌دهد که رویکردهای یادگیری مبتنی بر مشارکت فعال فراگیران نسبت به آموزش سنتی مبتنی بر سخنرانی کارآمدتر هستند. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که مداخلات یادگیری فعال منجر به افزایش قابل توجه یادگیری فراگیر در مقایسه با روش مرسوم سخنرانی می‌شود و احتمال شکست فراگیران در روش سخنرانی غیرفعال ۱/۵ برابر بیشتر از محیط‌های یادگیری فعال است (ایچلر<sup>۶</sup>، ۲۰۱۶؛ ناظری، ۱۳۹۵). استفاده از روش سخنرانی در آموزش الکترونیکی بسیار گسترده‌تر است و استفاده از این روش رایج‌ترین رویکرد یادگیری آموزش در دوره‌های آنلاین است. سامانه آموزش مجازی پویا نیست و تنها استاد محور است نه دانشجو محور. افت تحصیلی و مهارتی دانشجویان به واسطه آسیب‌پذیری تدریس و یادگیری دروس محاسباتی و عملیاتی و آسیب‌پذیری برنامه‌های پژوهشی به واسطه محدودیت ارتباط و تعامل معمول بین دانشجو، استاد و فضای پژوهشی تجربی و همچنین کاهش کمی و کیفی پروژه‌های پژوهش محور از جمله مشکلات آموزش مجازی است. موضوع مهم دیگر در دوره‌های مجازی ارزیابی دانشجویان است. مهم‌ترین هدف مؤسسات دانشگاهی ارتقای کیفیت آموزش و یادگیری است. بنابراین، برنامه‌های ارزیابی بخش مهمی از فعالیت‌های آن‌ها هستند (سوارز<sup>۷</sup>، ۲۰۲۰؛ رالف<sup>۸</sup>، ۲۰۱۹). مدرسان باید بتوانند اطمینان حاصل کنند که ارزیابی فراگیران دقیق و کارآمد است. در این راستا، تطبیق رویکردهای ارزیابی برای دوره‌های آنلاین ضروری است.

<sup>۱</sup> Salam<sup>۲</sup> Shidiq<sup>۳</sup> Neill<sup>۴</sup> Chen<sup>۵</sup> Zheng<sup>۶</sup> Eichler<sup>۷</sup> Soares<sup>۸</sup> Ralph

اگرچه خطرات کووید کاهش یافته است، اما شیوع سایر بیماری‌های همه‌گیر جدید در آینده امکان‌پذیر است که این موضوع توجه بیشتر به دوره‌های آنلاین و ارتقای آن‌ها و برطرف کردن نقایص این دوره‌ها را طلب می‌کند. علاوه بر این، با توجه به تجربه سال‌های اخیر و بهبود زیرساخت‌های یادگیری مجازی، احتمالاً دوره‌های آنلاین در آینده بخشی از برنامه درسی مدارس و دانشگاه‌ها خواهد بود و مدل ترکیبی جدیدی از آموزش با مزایای قابل توجه ظهور خواهد کرد. ادغام فناوری اطلاعات در آموزش بیشتر تسریع خواهد شد و آموزش آنلاین در نهایت به جزء جدایی‌ناپذیر آموزش تبدیل خواهد شد. همان‌طور که گفته شد، علیرغم مزایای فراوان دوره‌های آنلاین همچنان چالش‌هایی وجود دارد که باید بر آن‌ها غلبه کرد. اگرچه بازنگری رویکردهای آموزشی در طول همه‌گیری اجباری و شتاب‌زده بود، این تجربه به‌عنوان فرصتی نادر برای بازنگری استراتژی‌هایی است که یادگیری را در چارچوب امکانات و محدودیت‌های بستر آنلاین به بهترین وجه تسهیل می‌کند (لاکی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۱). چندین پژوهش گزارش کرده‌اند که اگرچه فراگیران معمولاً از آموزش آنلاین رضایت نسبی دارند، اما ارائه روش‌های فعال جدید برای افزایش کارایی یادگیری مجازی ضروری است. به عنوان مثال، تانگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۱)، پیاده‌کردن مدل‌های یادگیری فعال در آموزش‌های مجازی، تمرکز بر کار گروهی و ایجاد گروه‌های کوچک یادگیری بین فراگیران را پیشنهاد می‌کنند. پیشنهادات زیر را برای مدرسان و مؤسسات آموزش عالی در مورد آینده ارائه می‌دهند: پیاده‌کردن مدل‌های یادگیری فعال در آموزش‌های مجازی، تمرکز بر کار گروهی و ایجاد گروه‌های کوچک یادگیری بین فراگیران. هوروات<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۰) روش‌های نوآورانه‌ای را در آموزش مجازی پیشنهاد کردند و بیان داشتند محتوای دانش-آموزپسند باید با توجه به الزامات و امکانات آموزشی در دوره مجازی تطبیق داده شود. سرباکووا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۲) به-روزرسانی روش تدریس و محتوای آموزشی بر اساس شرایط آموزش مجازی را کلید ارتقای کیفیت دوره‌های مجازی دانستند.

علیرغم تلاش‌های بسیار در زمینه آموزش مجازی، همچنان در زمینه آموزش فعال دروس شیمی و ارزشیابی دانشجویان مشکلات فراوانی وجود دارد (شریفی، ۱۴۰۰). اما تا به امروز، مشخص نیست که آیا روش‌های یادگیری فعال در دوره‌های مجازی قابل پیاده‌سازی است و آیا این روش‌ها در دوره‌های مجازی با توجه به محدودیت‌های آن مانند کلاس‌های حضوری ثمربخش است یا خیر. با توجه به این موضوع، این پژوهش راهکارهایی کاربردی در طراحی رویکرد یادگیری و ارزشیابی جایگزین بر اساس روش‌های فعال به منظور استفاده در دوره‌های مجازی ارائه می‌کند. مجموعه‌ای از فعالیت‌های یادگیری مشارکتی، با مشارکت فعال دانشجویان، برای جایگزینی روش مرسوم سخنرانی که در کلاس‌های مجازی به کار گرفته می‌شود، انجام شد. هدف از این فعالیت‌ها تقویت مهارت‌های تفکر دانشجویان بود. اتخاذ رویکردی با هدف افزایش فعالیت دانشجویان در آموزش مجازی و همچنین ایجاد یادگیری عمیق مبتنی بر تحقیق و کار گروهی نقش مهمی در بهبود عملکرد دانشجویان داشت. طراحی این رویکردها بر اساس اثربخشی و چالش‌های آن از دیدگاه دانشجویان و همچنین تاثیر آن بر بهبود عملکرد تحصیلی دانشجویان می‌تواند چارچوبی کاربردی در اجرای روش‌های نوین یادگیری و ارزشیابی دروس علوم پایه ارائه دهد.

## روش تحقیق

شرکت‌کنندگان در این پژوهش، دانشجومعلم‌ان مقطع کارشناسی دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید باهنر اصفهان بودند. شیمی عمومی مطالعه ماده، انرژی و برهم‌کنش بین آن‌هاست. در این درس دانشجویان با فلسفه علم شیمی، کمیت‌های بنیادی اتم‌ها و نظریه اتمی، جدول تناوبی و خواص اتم‌ها، پیوندهای شیمیایی، گازها، ترموشیمی، مایعات، جامدات و محلول‌ها آشنا می‌شوند. این دوره شامل یک جلسه هفتگی ۹۰ دقیقه‌ای بود و برای دو گروه از دانشجومعلم‌ان تدریس شد. بسیاری از موارد برای هر دو گروه یکسان بود، از جمله کتاب درسی، مدرس، اهداف دوره، الزامات دوره و مدت زمان کلاس. در حالی که مطالب مشابهی برای هر دو گروه تدریس می‌شد، اما رویکردهای آموزشی اتخاذ شده متفاوت بود. برای گروه کنترل از روش

<sup>۱</sup> Lockee

<sup>۲</sup> Tang

<sup>۳</sup> Horváth

<sup>۴</sup> Seryakova

سخنرانی و برای گروه آزمایش از یک رویکرد فعال یادگیری استفاده شد. که در ادامه به تشریح آن می‌پردازیم. در ۴ هفته اول، مطالب با استفاده از آموزش مبتنی بر سخنرانی در سامانه LMS برای هر دو گروه تدریس شد. در هفته پنجم دانشجویان در یک امتحان میان‌ترم شرکت کردند. یک نظرسنجی نیز در مورد تصور دانشجویان از دشواری درس شیمی عمومی ۱ با توجه به مطالب تدریس شده و امتحان برگزار شده پرسیده شد. نتایج در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱. درک دانشجویان از دشواری درس.

سطح سختی	درصد فراوانی
خیلی آسان	۳/۶
آسان	۷/۱
متوسط	۲۵/۰
سخت	۳۵/۷
خیلی سخت	۲۸/۶

از آنجایی که فراگیران از شهرهای متفاوت و دبیرستان‌های مختلفی آمده بودند و با شیوه‌های گوناگونی آموزش دیده بودند، در ابتدا این تردید وجود داشت که سطح دانش شیمی آن‌ها از دانش شیمی نزدیک به هم باشد برخوردار باشند. از این رو، در چهار هفته اول ترم برای هر دو گروه از رویکرد آموزشی مشابهی استفاده شد و سپس، امتحان میان‌ترم اول به عنوان پیش‌آزمون برگزار شد که دانش قبلی فراگیران از مفاهیم شیمی و توانایی آن‌ها در حل مسئله و درک مفاهیم را ارزیابی می‌کرد. در تجزیه و تحلیل آماری، از نتایج این آزمون به عنوان متغیر کمکی<sup>۱</sup> استفاده شد. این سنجش به صورت یک آزمون ۲۰ سوالی چهار گزینه‌ای در سامانه LMS برگزار شد. همچنین برای تایید صحت آزمون از ۴ نفر از دانشجویان آزمون تصویری آنلاین به عمل آمد که به طور تصادفی انتخاب شده بودند. عملکرد دانشجویان در امتحان میان‌ترم اول درس شیمی عمومی به طور معناداری با نمرات آن‌ها در امتحان پایانی مرتبط است (راو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷). از هفته پنجم به بعد در گروه کنترل همچنان از روش سخنرانی استفاده شد. ولی برای گروه آزمایش، به منظور انطباق آموزش و ارزشیابی با یادگیری مجازی، یک رویکرد آموزشی فعال جدید اعمال شد. این رویکرد مبتنی بر یادگیری مشارکتی بود که در آن دانشجویان نقش فعالی در فرآیند یادگیری داشتند. مجموعه‌ای از فعالیت‌های یادگیری به منظور افزایش دانش فراگیران و بهبود مهارت‌های تفکر مرتبه بالاتر استفاده شد. این فرآیند در ۵ مرحله انجام شد که در ادامه به تشریح آن می‌پردازیم.

#### مرحله ۱:

در مرحله اول مباحث به صورت آنلاین از طریق سامانه LMS آموزش داده شد و به منظور دسترسی مجدد دانشجویان به مباحث تدریس شده، هر جلسه ضبط شد.

#### مرحله ۲:

در مرحله بعد دانشجویان به گروه‌های پنج نفره تقسیم شدند و به آن‌ها اجازه داده شد تا هم گروهی‌های خود را انتخاب کنند. هر گروه موظف بود طی مدت زمان ۲۴ ساعت دو مسئله با مطالب تدریس شده را طراحی کرده و به مدرس پیشنهاد دهد. پس از تایید سوالات توسط مدرس، مجموعه سوالات گروه‌های مختلف به عنوان تکلیف در سامانه LMS بارگذاری می‌شد و پس از یک هفته، هر گروه تکلیف خود را که شامل شرح و حل سوالات بود ارائه می‌کرد. برای ارائه اطلاعات تکمیلی، پاسخگویی به سوالات دانشجویان و رفع کج‌فهمی‌های احتمالی، مدرس از طریق سامانه LMS و سایر پیام‌رسان‌ها در این مدت در دسترس قرار داشت. این مرحله بر توسعه یادگیری عملی متمرکز بود، که در آن دانشجویان در گروه‌های کوچک برای دستیابی به هدف یکسان تلاش می‌کردند. از دانشجویان خواسته شد تا به هم گروهی‌های خود کمک کنند و با انجام

<sup>۱</sup> covariate

<sup>۲</sup> Rau

جلسات مجازی به حل و تشریح سوالات به صورت گروهی پردازند. این مرحله مبتنی بر حل مسئله و یادگیری مشارکتی بود. در این مرحله دانشجو معلم باید ابتدا بر مفاهیم تمرکز می کرد و به کمک هم گروهی های خود به طراحی مساله مسئله پرداخته و سپس با استفاده از یادگیری مشارکتی که مستقیماً بر خلاقیت او تأثیر می گذارد به حل مسائل می پرداخت. به علاوه کمک به همگروهی ها در ارائه تکالیف نوعی تمرین معلمی هم بود.

#### مرحله ۳:

یک چالش جدی در آموزش شیمی، مفاهیم انتزاعی و گیج کننده است. فراگیران باید برخی از مفاهیم را یاد بگیرند، در حالی که نمی توانند آن ها را لمس کنند. در کلاس های مجازی، این چالش به دلیل محدودیت های یادگیری از راه دور تشدید می شود. یک راه برای غلبه بر این مشکل، آشنایی با کاربرد این مفاهیم در صنعت و فناوری است. بنابراین، به منظور روشن شدن مفهوم موضوعات و کاربرد عملی آن ها، از گروه های ۵ نفره دانشجو معلمان خواسته شد تا در هر جلسه، یک گروه سمیناری در مورد درباره کاربرد مطالب تدریس شده در صنعت و فناوری ارائه دهد. پس از ارائه، زمان معینی به سایر گروه ها برای بحث و بررسی مطالب ارائه شده اختصاص داده می شد.

#### مرحله ۴:

در این مرحله یک آزمون مفهومی در سامانه LMS برگزار شد. دانشجو معلمان در یک آزمون انفرادی شامل ۱۰ سوال چند گزینه ای شرکت کردند که ۵۰ درصد از کتاب درسی را پوشش می داد. به منظور جلوگیری از تقلب، بانک سوال ایجاد شد که ده سوال را به صورت تصادفی در اختیار دانشجو معلم قرار می داد. ضمناً سوالات در صفحات جداگانه بود و امکان بازگشت به صفحه قبل وجود نداشت. آزمون در سطح متوسط بود. با این حال، سختی آزمون به دلیل مدت زمان کوتاه (۱۵ دقیقه) افزایش یافت. دانشجو معلمان برای کسب نمرات بالا نیاز به دانش جامع و کامل مفاهیم، مهارت های تفکر و توانایی قابل قبول در انجام محاسبات داشتند.

#### مرحله ۵:

در مرحله پنجم که در دو هفته پایانی انجام شد، هر گروه می بایست ۴ مسئله مفهومی را در ۶۰ دقیقه حل می کرد. هر گروه مسائل مختلفی دریافت کرد و سطح سوالات بالاتر از متوسط بود. دانشجو معلمان از طریق گفتگو با هم تیمی های خود و استفاده از منابع موجود از جمله کتاب، مقاله و مراجعه به جلسات سخنرانی ضبط شده، مسائل را حل می کردند. این یکی از مزایای آموزش مجازی بود که فیلم های ضبط شده جلسات همیشه در طول ترم در دسترس دانشجویان قرار می گرفت. هدف از این مرحله ایجاد فضای مناسب برای بحث در مورد مسائل و دسترسی دانشجو معلمان به راه حل ها از طریق یادگیری مشارکتی بود. در نهایت دانشجو معلمان راه حل های مسائل را بصورت فیلم ضبط کرده که در آن باید حل مسائل را توضیح داده تدریس می کردند و در نهایت فیلم ها را در سامانه LMS بارگذاری می کردند. مدت زمان فیلم ها نباید از ۲۰-۱۵ دقیقه تجاوز می کرد. توانایی ارائه شفاهی و کیفیت تولید محتوا از دیگر پارامترهای موثر بر نمرات دانشجو معلمان بود. در پایان به منظور بررسی تجربیات دانشجو معلمان و دیدگاه آن ها در مورد تجربیات یادگیری و سنجش، یک نظرسنجی آنلاین شامل ۹ سوال برگزار شد. این نظرسنجی به سه بخش کلی تقسیم می شد: فعالیت های کار گروهی، حل مسئله از طریق تجربیات یادگیری مشارکتی و تولید محتوای علمی الکترونیکی. نظرسنجی با استفاده از مقیاس لیکرت<sup>۱</sup> انجام شد، کاملاً موافقم: ۵، موافقم: ۴، ممتنع: ۳، مخالفم: ۲ و کاملاً مخالفم: ۱.

### بحث و نتیجه گیری

شیمی عمومی دروازه ورود به دروس تخصصی شیمی است. بسیاری از دانشجویان در این درس با چالش روبرو هستند، زیرا آن ها به جای درک مفاهیم و توسعه مهارت های حل مسئله، بر حفظ مطالب و فرمول ها تمرکز می کنند (کوک<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳). این چالش ها در دوره های آنلاین به دلیل محدودیت های آموزش مجازی تشدید شده است. با توجه به این موضوع، در این

<sup>۱</sup> Likert

<sup>۲</sup> Cook

پژوهش مجموعه‌ای از فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر یادگیری مشارکتی به منظور افزایش دانش دانشجویان و ارتقای مهارت‌های تفکر مرتبه بالاتر انجام شد. سوال اصلی این پژوهش این بود که آیا بین نتایج یادگیری دانشجویان با استفاده از رویکرد آموزشی مبتنی بر یادگیری مشارکتی و آموزش به روش سخنرانی در کلاس مجازی تفاوت وجود دارد یا خیر. برای پاسخ به این پرسش، از تحلیل کوواریانس یک‌طرفه (ANCOVA) استفاده شد. برای تمامی تحلیل‌ها از بسته آماری SPSS ۲۶ استفاده شد (هیبارد<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶). نمرات دانشجویان در اولین امتحان میان‌ترم به عنوان متغیر کمکی در نظر گرفته شد. متغیر وابسته و متغیر مستقل مطالعه به ترتیب رویکرد آموزشی اتخاذ شده و مجموع نمرات کسب شده در طول ترم بود. همگنی شیب‌های رگرسیون، فرض اساسی ANCOVA است. این فرض برای نمرات امتحان میان‌ترم اول با بررسی اهمیت بالاترین تعامل بین متغیرهای کمکی و مستقل مورد آزمایش قرار گرفت. این فرض تأیید شد:  $F = ۲,۹۸۲, p > ۰,۰۵$ . بر این اساس، متغیر کمکی تعدیل همگنی از نمرات متغیر وابسته را برای گروه‌های کنترل و درمان (۹۹۹) ایجاد می‌کند که نشان می‌دهد گروه‌ها از نظر استعداد فراگیران هم‌ارز بودند (چیتیو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). گروه‌ها با توجه به واریانس‌های خطا یکنواخت بودند (مطابق با آزمون Levene برای همگنی واریانس‌ها)،  $F = ۲,۲۷۸, p > ۰,۰۵$ ، برای تعیین اینکه آیا رویکرد آموزش فعال کاربردی در دوره آنلاین، موثرتر از آموزش سخنرانی است، انجام شد. همان‌طور که در جدول ۲ آمده است، نتایج حاکی از تفاوت معنادار بین دو رویکرد آموزشی در متغیر وابسته است.

جدول ۲. تحلیل کوواریانس اثرات روش سخنرانی و رویکرد آموزشی اتخاذ شده بر عملکرد دانشجویان

منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	مجذور تا
امتحان میان‌ترم ۱	۳۹۹/۳۰۷	۱	۳۹۹/۳۰۷	۱۸۲۰ ۱۲۶	۰/۰۰۰	۰/۵۶۹
رویکرد آموزشی	۲۴۸/۸۴۱	۱	۲۴۸/۸۴۱	۱۰۳۲ ۷۹	۰/۰۰۰	۰/۴۵۲
خطا	۳۰۲/۲۶۷	۹۶	۳/۱۴۹			
مجموع	۱۸۱۵۸/۵۸۱	۹۹				

بر اساس نتایج فوق، دانشجویان گروه آزمایش نمرات بالاتری نسبت به گروه کنترل کسب کردند. ۹۳ درصد از دانشجویان گروه آزمایش با موفقیت درس را گذراندند، در حالی که این عدد برای گروه کنترل ۷۹ درصد بود. بررسی‌ها نشان داد که چالش اصلی در گروه کنترل، حل سوالات مفهومی است، در حالی که این موضوع در گروه آزمایش به‌ویژه برای دانشجویان ضعیف‌تر بهبود قابل توجهی داشت. نتایج نشان داد میزان موفقیت دانشجویان گروه آزمایش در موضوعاتی مانند ساختار الکترونی اتم‌ها، پیوند یونی و کووالانسی، هندسه مولکولی و مدل‌های پیوند، ترموشیمی و قوانین گازها بیشتر بود. اما بین عملکرد دانشجویان در مباحث اتم‌ها و نظریه اتمی، جدول تناوبی و روندهای تناوبی و واکنش‌های شیمیایی تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج دانشجویان در گروه آزمایش به‌طور معناداری بهتر از گروه کنترل بود که نشان‌دهنده موفقیت رویکرد آموزشی اتخاذ شده است. همه دانشجویان در انجام تکالیف مشتاق بودند و نقش فعالی در طراحی مسئله و یادگیری مشارکتی داشتند. برخی از گروه‌ها مسائل بسیار خلاقانه‌ای را ارائه می‌دادند که حاکی از درک عمیق آن‌ها از مطالب تدریس شده بود. برای ضبط فیلم‌های حل مسئله به جز مدت زمان، چارچوب خاصی در نظر گرفته نشد و دانشجویان با توجه به خلاقیت خود توانستند فیلم‌های مختلفی را ضبط کنند که در شکل ۱ قابل مشاهده است. وجه مشترک این ویدیوها کیفیت بالای آن‌ها بود که نشان از توانایی دانشجویان در تولید محتوای دیجیتال داشت. علاوه بر این، آن‌ها می‌توانستند مسائل پیچیده را از طریق کار گروهی و یادگیری مشارکتی به درستی حل کنند و مهارت‌های تفکر مرتبه بالاتر را ارتقا ببخشند. یکی

<sup>۱</sup> Hibbard<sup>۲</sup> Chitiyo

از مزایای آموزش مجازی دسترسی دانشجو معلمان به جلسات ضبط شده و فیلم‌های حل مسئله در طول ترم بود. این امر به آن‌ها اجازه داد تا موضوعات تدریس شده را چندین بار مرور کنند و باعث شد تعداد سوالات دانشجو معلمان بسیار کمتر از کلاس-های حضوری باشد. به طور کلی توالی فعالیت‌ها از جمله ضبط فیلم، حل مسئله با استفاده از کار گروهی، طراحی مسئله و جستجو در مورد کاربردهای موضوعات تدریس شده در فناوری باعث شد فراگیران دانش خود را سازماندهی کنند و سطح تفکر عمیق‌تری را توسعه دهند. علاوه بر این، یادگیری مشارکتی و کمک به هم‌گروهی‌ها در حل مسئله، آن‌ها را قادر ساخت تا دانش خود را به اشتراک بگذارند که نوعی تمرین معلمی بود. مسئولیت مشترک و تعامل، احساسات مثبت‌تری نسبت به تکالیف و افراد دیگر ایجاد می‌کند، روابط بهتر بین گروهی به وجود می‌آورد، و به تصویر بهتری از خویشتن برای فراگیران با پیشرفت تحصیلی ضعیف منجر می‌شود (گیلیس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). یادگیری مشارکتی به‌عنوان یک رویکرد آموزشی فراگیرمحور عملکرد تحصیلی را بهبود می‌بخشد. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که فراگیران به لحاظ تحصیلی و اجتماعی، وقتی فرصت‌هایی برای تعامل با یکدیگر بدست می‌آورند و زمانی که به صورت مشترک روی اهداف کار می‌کنند، موفقیت‌های بیشتری کسب می‌کنند (جانسون<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲؛ لو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). از طریق تعامل، فراگیران یاد می‌گیرند که با یکدیگر موضوعات را مورد بررسی کنند قرار دهند، در ایده‌ها و اندیشه‌های یکدیگر سهیم شوند، تفاوت‌های خود را بهتر بشناسند و فهم جدیدی را بنا نهند (وب<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳). این روش یادگیری که مبتنی بر همکاری می‌باشد شامل ۵ رکن مسئولیت فردی، وابستگی متقابل سازنده، تعامل تشویق رودررو، پردازش گروهی و مهارت‌های گروهی و بین فردی است. بهبود مهارت‌های تفکر انتقادی، بهبود تعاملات اجتماعی، افزایش مهارت‌های حل مسئله، افزایش مهارت‌های ارتباطی و شفاهی، توسعه مهارت‌های خودمدیریتی و گسترش روابط بین فردی از جمله مزایای این رویکرد آموزشی می‌باشد. به اشتراک گذاشتن تصورات فردی در مورد درباره یک پدیده مبتنی بر شیمی و بحث در مورد مسائل یک راه موثر برای ایجاد یک درک مفهومی مشترک است (وو<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰). استخراج افکار فراگیران به طرق مختلف و همچنین به اشتراک گذاری و توسعه گفتگومانی آن‌ها با هم‌سالان، عامل کلیدی در پیشرفت تحصیلی فراگیران است (وو، ۲۰۲۰؛ هیگ<sup>۶</sup>، ۲۰۲۰؛ اسکاگن<sup>۷</sup>، ۲۰۲۰). همچنین در این رویکرد دانشجو معلمان به مهارت‌های ارائه شفاهی و دیجیتالی و همچنین توانایی استخراج و انتزاع اطلاعات دست یافتند. با این حال، استفاده صحیح از دانش نظری و انجام محاسبات صحیح، چالش اصلی دانشجو معلمان بود.

<sup>۱</sup> Gillies

<sup>۲</sup> Johnson

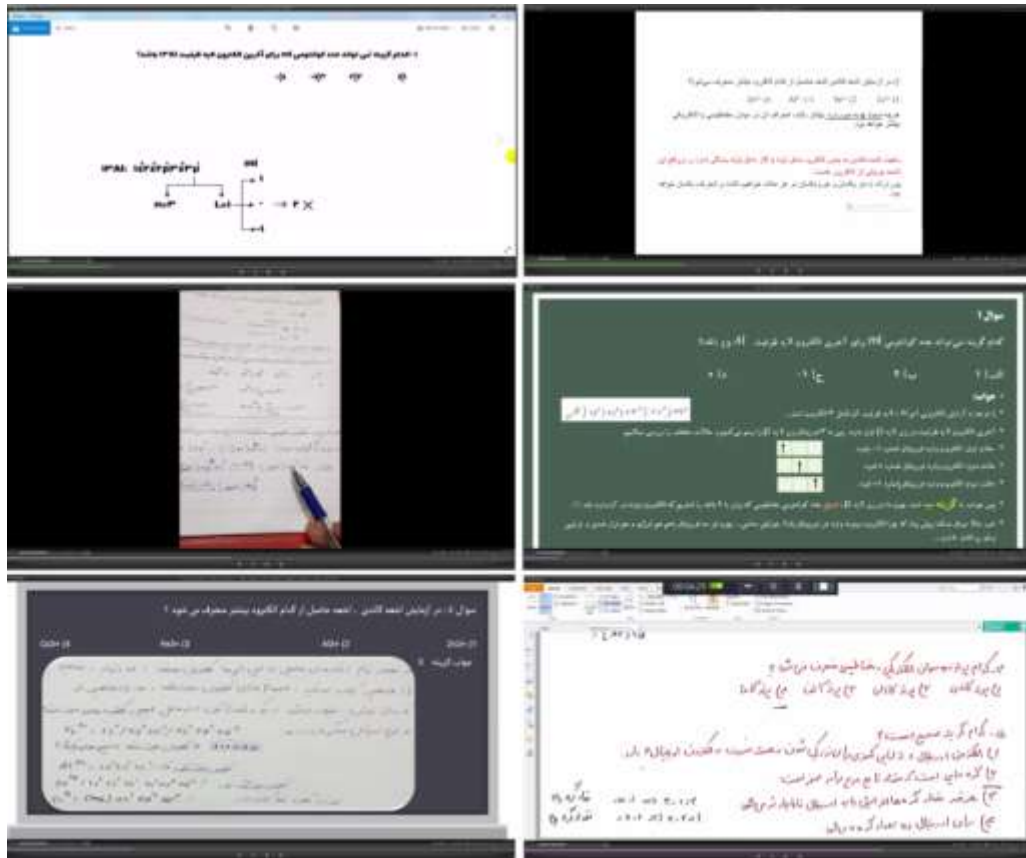
<sup>۳</sup> Lou

<sup>۴</sup> Webb

<sup>۵</sup> Wu

<sup>۶</sup> Heeg

<sup>۷</sup> Skagen



شکل ۱. تصاویری از فیلم‌های ضبط شده حل مسئله توسط دانشجومعلمان

نتایج نشان داد که استفاده از روش یادگیری مجازی اتخاذ شده در گروه آزمایش منجر به افزایش مشارکت و دستاوردهای دانشجومعلمان شد که می‌تواند با عوامل متعددی از جمله افزایش انگیزه دانشجویان به دلیل جذابیت روش بکار گرفته شده، نظارت و گرفتن بازخورد مداوم، افزایش استقلال فراگیر، کاهش دشواری دروس و تنوع در ابزار یادگیری و ارزشیابی مرتبط باشد. رویکرد آموزشی اتخاذ شده بر توسعه یادگیری عملی متمرکز بود که در آن دانشجومعلمان در گروه‌های ۵ نفره فعالیت می‌کردند و متقابلاً به دنبال درک، راه‌حل، معانی و ایجاد یک محصول واحد بودند. این رویکرد مبتنی بر حل مسئله بود که هدف آن بهبود یادگیری عملی، ارتقای روحیه کاوشگری و افزایش مسئولیت‌پذیری دانشجومعلمان بود. تحقیقات نشان داده است که رویکردهای آموزشی فعال که در آن فراگیر نقش پررنگ‌تری دارد منجر به یادگیری عمیق‌تر می‌شود، تفکر مرتبه بالاتر، بهبود ارتباط شفاهی و مهارت‌های رهبری را ایجاد می‌کند (وانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰؛ کانلاس<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷). درگیر کردن فراگیران در فعالیت‌های پردازش شناختی مانند پاسخ دادن یا بحث در مورد سؤالات، منجر به یادگیری مؤثرتر در مقایسه با روش سخنرانی می‌شود (ایچلر، ۲۰۱۶). طراحی مسئله با استفاده از یادگیری مشارکتی مستقیماً بر خلاقیت فراگیران تأثیر می‌گذارد و نوعی کار اکتشافی است. حل مسئله به صورت گروهی توانایی فراگیران را برای برقراری ارتباط و کار با یکدیگر بهبود می‌بخشد و به آن‌ها فرصت اشتراک افکار و مطالب یاد گرفته شده را می‌دهد. فاکتور کلیدی این بود که دانشجومعلمان به صورت گروهی کار می‌کردند تا راه‌حل‌های ممکن را قبل از ارائه ایده‌های خود به کلاس به صورت انتقادی مورد بحث قرار دهند. و از همه مهم‌تر، دانشجومعلم در موقعیتی قرار گرفت که به دیگران کمک کند تا یاد بگیرند. کاری که باید پس از دوره دانشگاه سال‌ها در لباس معلمی انجام دهد.

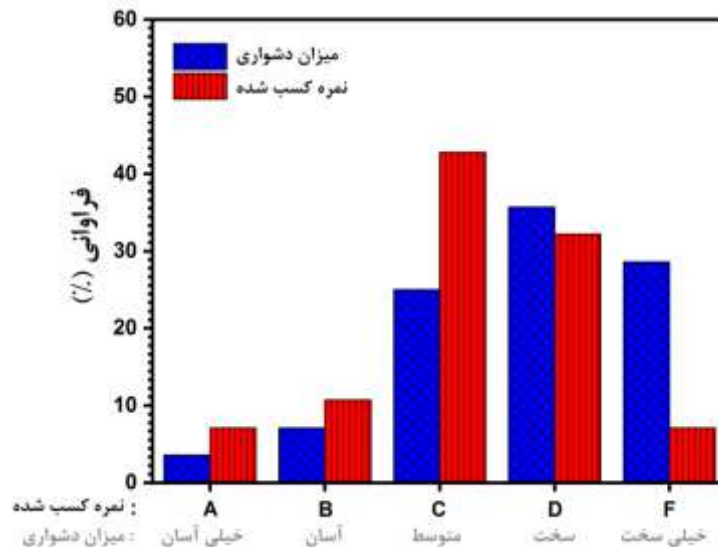
شکل ۲ مقایسه ای بین میزان دشواری پیش بینی شده درس در ابتدای ترم و نمرات نهایی کسب شده توسط دانشجومعلمان گروه آزمایش را نشان می‌دهد. نمرات نهایی ۲۰-۱۸/۱، ۱۸-۱۶/۱، ۱۶-۱۳/۱، ۱۳-۱۰ و ۱۰-۸ به ترتیب A، B، C، D و F در

<sup>۱</sup> Wang

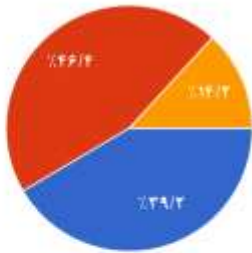
<sup>۲</sup> Canelas



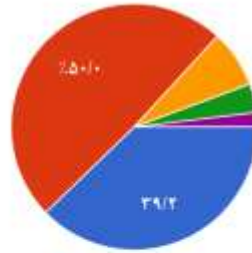
نظر گرفته شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، قبل از شروع دوره، ۶۴ درصد از دانشجویان معلمان گروه آزمایش معتقد بودند که شیمی عمومی یک درس دشوار یا بسیار دشوار است. با این حال، ۹۳ درصد از دانشجویان نمره بالاتر از ۱۰ را کسب کردند. این موضوع نشان می‌دهد که دانشجویان دانشجو معلمان اغلب با نگرش منفی نسبت به سختی شیمی عمومی با توجه به مجازی بودن دوره وارد کلاس درس شدند. با این حال، تغییر رویکردهای یادگیری برای انطباق با شرایط آموزش از راه دور با هدف افزایش مشارکت دانشجو معلمان و ایجاد انگیزه در آن‌ها می‌تواند منجر به عملکرد بهتر شود.



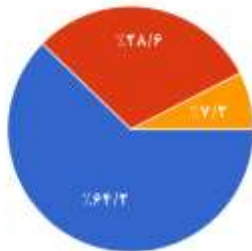
شکل ۲. مقایسه بین دشواری پیش بینی شده درس شیمی عمومی و نمرات کسب شده توسط دانشجو معلمان گروه آزمایش در پایان ترم یک نظرسنجی بدون ذکر نام و نام خانوادگی که منعکس کننده تجربه یادگیری دانشجو معلمان در مورد تولید محتوای علمی دیجیتال، فعالیت‌های کار گروهی و حل مسئله از طریق یادگیری مشارکتی بود، انجام شد. سوالات در مورد تولید محتوا بر تاثیر این فعالیت بر مهارت‌های دیجیتال، مهارت‌های ارائه شفاهی دانشجو معلمان و کمک به آن‌ها در سازماندهی مفاهیم متمرکز بود. سوالات مطرح شده در مورد فعالیت‌های گروهی به تاثیر این فعالیت‌ها بر یادگیری و مهارت‌های ارتباط کلامی دانشجو معلمان توجه داشت. همچنین، تکالیف حل مسئله بر این موضوع تمرکز داشت که چگونه این تکالیف به دانشجو معلمان کمک می‌کند تا با محدودیت‌های آموزش از راه دور کنار بیایند و مشکلات آموزشی خود را حل کنند. دانشجو معلمان همچنین به این سوال پاسخ دادند که آیا مجموعه فعالیت‌های صورت گرفته روش مفیدی برای یادگیری بوده است یا خیر. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، دانشجو معلمان دید مثبتی نسبت به فعالیت‌های انجام شده داشتند. به طور خاص، آن‌ها در مورد فعالیت‌های کار گروهی نظر مساعدی داشتند. اکثر دانشجو معلمان (۹۲٪) نیز نسبت به حل مسئله از طریق یادگیری مشارکتی نظر مثبتی داشتند. مهارت‌های ارتباط شفاهی (۸۹٪) و تجربه یادگیری (۸۶٪) نیز از سوی آن‌ها مورد توجه قرار گرفت. اطلاعات به دست آمده از نظرسنجی نشان می‌دهد که اکثر دانشجو معلمان از این رویکرد آموزشی استقبال کردند و این فعالیت‌ها، مهارت‌های ارتباط شفاهی آن‌ها را بهبود بخشید، به سازماندهی مفاهیم کمک کرد، یادگیری آن‌ها را در کلاس آنلاین افزایش داد و به آن‌ها کمک کرد تا با محدودیت‌های آموزش از راه دور کنار بیایند. همچنین نتایج حاکی از آن است که تولید محتوای علمی بر مهارت‌های دیجیتالی دانشجو معلمان تاثیر قابل توجهی داشته است. اکثر دانشجو معلمان بیان داشتند تولید محتوا باعث بهبود مهارت‌های دیجیتال آن‌ها شده است (۶۸٪) و سایرین نظری نداشته (۲۵٪) یا مخالف (۷٪) بودند. نکته حائز اهمیت این است که در کل، اکثریت دانشجو معلمان (۹۳٪) از مجموعه فعالیت یادگیری راضی بودند و رویکرد آموزشی اتخاذ شده را ابزاری مفید و مثرتر برای مطالعه و یادگیری موضوعات تدریس شده دانستند (شکل ۴).



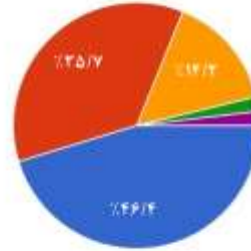
فعالیت های گروهی یادگیری مرا در درس شیمی عمومی افزایش داد.



فعالیت های گروهی مهارت های ارتباط کلامی مرا افزایش داد.



تکالیف مشترک و حل سوالات بصورت گروهی به من کمک کرد تا مشکلات درسی ام را برطرف کنم.



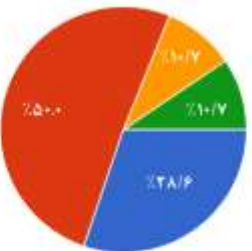
تولید محتوا و ضبط ویدئوی علمی به من کمک کرد تا بتوانم مفاهیم را برای حل سوالات شیمی عمومی دسته بندی و سازمان دهی کنم.



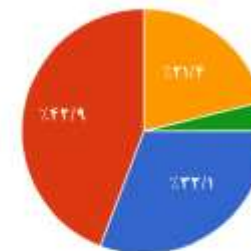
ضبط ویدئوی علمی و تولید محتوا توانایی های فناوری و دیجیتال مرا افزایش داد.



ضبط ویدئوی علمی مهارت سخنرانی و ارائه ی سمینار من را افزایش داد.

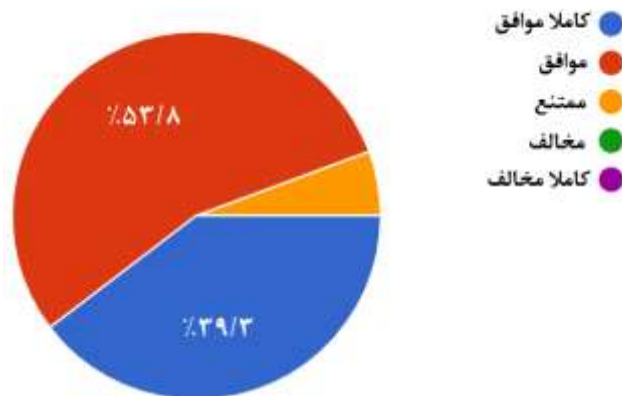


جستجو و رفع اشکالاتم در فرایند یادگیری مشارکتی (حل سوالات بصورت گروهی) تاثیر مثبتی در درک مفاهیم تدریس شده داشت.



طراحی مسئله ابزاری مفید برای مطالعه موضوعات بود.

شکل ۳. نظرسنجی از دانشجویان راجع در مورد درباره تاثیر گذاری رویکرد آموزشی اتخاذ شده



شکل ۴. میزان رضایتمندی دانشجومعلمان از فرایند یادگیری

### نتیجه گیری و پیشنهادات

بر اساس نتایج گزارش شده توسط سایر مطالعات و تجارب نگارندگان، کاهش قابل توجهی در یادگیری دانشجویان در کلاس‌های آنلاین مشاهده شده است که عمدتاً ناشی از محدودیت‌های یادگیری مجازی، نبود تعامل کافی و مشارکت ضعیف دانشجویان در کلاس‌های آنلاین است. این پژوهش با هدف افزایش مشارکت دانشجویان و استفاده کارآمد از فناوری به منظور غلبه بر محدودیت‌های آموزشی در آموزش مجازی، تجربه استفاده از یک رویکرد آموزشی نوین در کلاس‌های آنلاین مبتنی بر یادگیری مشارکتی برای درس شیمی عمومی را تشریح کرد که هدف اصلی آن پویایی کلاس و بهبود یادگیری فراگیران بود. با وجود محدودیت‌های آموزش مجازی، ناآشنایی دانشجویان با دوره‌های آنلاین و مشکلات زیرساختی آموزش مجازی، رویکرد یادگیری بکارگرفته شده مشارکت دانشجومعلمان را افزایش داد و نتایج کسب شده‌ی آن‌ها را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشید. راهبردی که مبتنی بر فعالیت‌های کار گروهی و تکالیف مشارکتی از جمله طراحی مسئله، حل مسئله و تولید محتوای علمی دیجیتال بود، باعث افزایش یادگیری دانشجومعلمان و بهبود مهارت‌های ارتباط کلامی آن‌ها شد. رویکرد آموزشی بکارگرفته شده از نظر آماری میانگین نمرات بالاتری نسبت به روش سخنرانی داشت. اتخاذ رویکردی با هدف افزایش فعالیت دانشجومعلمان در آموزش از راه دور و همچنین ایجاد یادگیری عمیق مبتنی بر تحقیق و کار گروهی نقش مهمی در ارتقای یادگیری و عملکرد دانشجومعلمان داشت. طراحی رویکرد آموزشی بر اساس اثربخشی و چالش‌های این دوره از دیدگاه دانشجومعلمان و همچنین بهبود عملکرد تحصیلی آن‌ها می‌تواند چارچوبی کاربردی در پیاده‌سازی روش‌های نوین یادگیری مجازی و ارزشیابی دروس آنلاین علوم پایه ارائه دهد. این موضوع از این منظر اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که بروز همه‌گیری-های جدید اجتناب ناپذیر است و به‌علاوه دوره‌های آنلاین احتمالاً بخشی از برنامه درسی در آینده خواهند بود. با توجه به تجربیات به دست آمده تعمیم روش یادگیری مشارکتی بکارگرفته شده در این پژوهش به سایر دوره‌های مجازی شیمی پیشنهاد می‌شود. دوره‌های مجازی بر سه اصل آموزش مجازی، تولید محتوای الکترونیکی و نیز ارزشیابی از فراگیران در بستر فضای مجازی استوار هستند. بنابراین بهبود هر یک از این سه پارامتر در دوره‌های مجازی می‌تواند چالش اصلی در مطالعات آتی باشد. تلفیق سایر روش‌های فعال تدریس با روش ارائه شده برای بهبود مشارکت فراگیران در دوره‌های مجازی برای بهبود اثرگذاری روش ارائه شده پیشنهاد می‌شود. استفاده موثرتر از فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی می‌تواند به نتایج یادگیری موثرتری منجر شود. استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی برای تغییر نگرش و توانایی فراگیران در تجسم مولکول‌ها، یون‌ها و اتم‌ها و همچنین تغییرات شیمیایی صورت گرفته در سطح مولکولی پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از این رویکرد آموزشی در دوره‌های حضوری نیز ممکن است تأثیر مثبتی بر عملکرد دانشجویان داشته باشد و برای استفاده در کلاس‌های حضوری نیز پیشنهاد می‌گردد.

## منابع

- ناظری، عبدالوهاب. نوری، میلاد. خدری، حسین. (۱۳۹۵). روش های تدریس معلم محور و دانش آموز محور و افزایش کارایی. کنفرانس ملی دانش و فناوری روانشناسی، علوم تربیتی و جامع روانشناسی ایران، تهران، دی ۹۵.
- شهبازی، زهرا. عظیمی، محمد. (۱۴۰۰). بررسی مشکلات آموزش مجازی و تاثیر آن بر کیفیت یادگیری. سیزدهمین همایش ملی آموزش، تهران، آذر ۱۴۰۰.
- محمدی، نرگس. محمودی، الهام. یادگاری، فاطمه. شاهمرادی، نگین. (۱۴۰۲). نقش فناوری های نوین و فضای مجازی در تعلیم و تربیت دانش آموزان. دهمین کنفرانس ملی پژوهش های نوین در تعلیم و تربیت، روانشناسی، فقه و حقوق و علوم اجتماعی، شیروان، تیر ۱۴۰۲.
- کشمیری، مریم. (۱۳۹۸). استفاده از فناوری در فرایند آموزش شیمی و آزمایشگاه های مجازی. فصلنامه پژوهش های کاربردی در فنی و مهندسی شماره ۱۶، دوره ۲، ۱۰-۱.
- شریفی، مریم. (۱۴۰۰). طرح اقدام پژوهی رویکرد مجازی افزایش مشارکت دانش آموزان در درس شیمی پایه یازدهم. سومین همایش ملی آموزش شیمی، تهران، مرداد ۱۴۰۰.
- Canelas, D. A., Hill, J. L., Novicki, A. (۲۰۱۷). Cooperative Learning in Organic Chemistry Increases Student Assessment of Learning Gains in Key Transferable Skills. *Chem. Educ. Res. Pract.* 18 (۳), ۴۴۱-۴۵۶. <https://doi.org/10.1039/c7rp00014f>.
- Chen, K., Chen, Y., Ling, Y., Lin, J. (۲۰۲۰). The Individual Experience of Online Chemistry Teacher Education in China: Coping with COVID-19 Pandemic. *J. Chem. Educ.* 97 (۹), ۳۲۶۵-۳۲۷۰. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00581>.
- Chitiyo, G., Potter, D. W., Rezsnyak, C. E. (۲۰۱۸). Impact of an Atoms-First Approach on Student Outcomes in a Two-Semester General Chemistry Course. *J. Chem. Educ.* 95 (۱۰), ۱۷۱۱-۱۷۱۶. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00195>.
- Cook, E., Kennedy, E., McGuire, S. (۲۰۱۳). Y. Effect of Teaching Metacognitive Learning Strategies on Performance in General Chemistry Courses. *J. Chem. Educ.* 90 (۸), ۹۶۱-۹۶۷. <https://doi.org/10.1021/ed300686h>.
- Eichler, J. F., Peeples, J. (۲۰۱۶). Flipped Classroom Modules for Large Enrollment General Chemistry Courses: A Low Barrier Approach to Increase Active Learning and Improve Student Grades. *Chem. Educ. Res. Pract.* 17 (۱), ۱۹۷-۲۰۸. <https://doi.org/10.1039/c5rp00159e>.
- Gillies, R. (۲۰۰۶). Teachers and students verbal behaviors during cooperative and smallgroup learning. *Br J Educ Psychol.*, 76, ۲۷۱-۲۸۷. doi: 10.1348/00070990552337.
- Heeg, J., Hundertmark, S., Schanze, S. (۲۰۲۰). The Interplay between Individual Reflection and Collaborative Learning-Seven Essential Features for Designing Fruitful Classroom Practices That Develop Students' Individual Conceptions. *Chem. Educ. Res. Pract.* 21 (۳), ۷۶۵-۷۸۸. <https://doi.org/10.1039/c9rp00175a>.
- Hibbard, L., Sung, S., Wells, B. (۲۰۱۶). Examining the Effectiveness of a Semi-Self-Paced Flipped Learning Format in a College General Chemistry Sequence. *J. Chem. Educ.* 93 (۱), ۲۴-۳۰. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00592>.
- Horváth, D., Ásványi, K., Cosovan, A., Csordás, T., Faludi, J., Galla, D., ... Simay, A. E. (۲۰۲۲). Online only: Future outlooks of post-pandemic education based on student experiences of the virtual university. *Society and Economy*, 44(۱), ۲-۲۱. <https://doi.org/10.1056/2024.2021.00026>.
- Johnson, D.W., Johnson, R. T. (۲۰۰۲). Learning together and alone: overview and met analysis. *Asia Pac. Educ. Rev.*, 22, ۹۵-۱۰۵. <https://doi.org/10.1080/0218879020220110>.
- Lockee, B. B. (۲۰۲۱). Online education in the post-COVID era. *Nat. Electron.* ۴, ۵-۶. <https://doi.org/10.1038/s41928-020-00534-0>.
- Lou, Y., Abrami, P. C., Apollonia, S. (۲۰۰۱). Small group and individual learning with

- technology: a meta-analysis. *Rev. Educ. Res.*, 71, ۴۴۹-۵۲۱.  
<https://doi.org/10.3102/0090000771003449>.
- Neill, S., Etheridge, R. (۲۰۰۸). Flexible Learning Spaces: The Integration of Pedagogy, Physical Design, and Instructional Technology. *Mark. Educ. Rev.* 18 (۱), ۴۷-۵۳.  
<https://doi.org/10.1080/10528008.2008.11489024>.
- Ralph, V. R., Lewis, S. E. (۲۰۱۹). An Explanative Basis for the Differential Performance of Students with Low Math Aptitude in General Chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.* 20 (۳), ۵۷۰-۵۹۳. <https://doi.org/10.1039/c9rp00068b>.
- Rau, M. A., Kennedy, K., Oxtoby, L., Bollom, M., Moore, J. W. (۲۰۱۷). Unpacking “Active Learning”: A Combination of Flipped Classroom and Collaboration Support Is More Effective but Collaboration Support Alone Is Not. *J. Chem. Educ.* 94 (۱۰), ۱۴۰۶-۱۴۱۴. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00240>.
- Salam, M., Awang Iskandar, D. N., Ibrahim, D. H. A., Farooq, M. S. (۲۰۱۹). Technology Integration in Service-Learning Pedagogy: A Holistic Framework. *Telemat. Informatic*, 38, ۲۵۷-۲۷۳. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.02.002>.
- Seryakova, S. B., Zhang, X., Galustyan, O. V., Askhadullina, N. N. (۲۰۲۲). Application of online learning within education of future engineers during the Covid-۱۹ pandemic. *Int. J. Eng. Pedagogy*, ۱۲ (۱), ۹۵-۱۰۳. <https://doi.org/10.3991/ijep.v12i1.20009>.
- Shidiq, A. S., Yamtinah, S. (۲۰۱۹). Pre-Service Chemistry Teachers’ Attitudes and Attributes toward the Twenty-First Century Skills. *J. Phys. Conf. Ser.* 1157 (۴). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1105/4/042014>.
- Skagen, D., McCollum, B., Morsch, L., Shokoples, B. (۲۰۱۸). Developing Communication Confidence and Professional Identity in Chemistry through International Online Collaborative Learning. *Chem. Educ. Res. Pract.* 19 (۲), ۵۶۷-۵۸۲.  
<https://doi.org/10.1039/c9rp00220c>.
- Soares, R., De Mello, M. C. S., Da Silva, C. M., MacHado, W., Arbilla, G. (۲۰۲۰) Online Chemistry Education Challenges for Rio de Janeiro Students during the Covid-۱۹ Pandemic. *J. Chem. Educ.* 97 (۹), ۳۳۹۶-۳۳۹۹.  
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00770>.
- Tang, Y. M., Chen, P. C., Law, K. M., Wu, C., Lau, Y. Y., Guan, J., He, D., Ho, G. (۲۰۲۱). Comparative Analysis of Student’s Live Online Learning Readiness During the Coronavirus (COVID-۱۹) Pandemic in the Higher Education Sector. *Comput Educ.*, ۱۶۸, ۱۰۴۲۱۱.
- Wang, C., Ma, Y., Wu, F. (۲۰۲۰). Comparative Learning Performance and Mental Involvement in Collaborative Inquiry Learning: Three Modalities of Using Virtual Lever Manipulative. *J. Sci. Educ. Technol.* 29 (۵), ۵۸۷-۵۹۶.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-020-09838-4>.
- Webb, N., & Mastergeorge, A. (۲۰۰۳). Promoting effective helping in peer-directed groups. *Int. J. Educ. Res.*, 39, ۷۳-۹۷. [https://doi.org/10.1016/S0883-0300\(03\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0883-0300(03)00074-0).
- Wu, L., Liu, Q., Mao, G., Zhang, S. (۲۰۲۰). Using Epistemic Network Analysis and Self-Reported Reflections to Explore Students’ Metacognition Differences in Collaborative Learning. *Learn. Individ. Differ.* 82 (July), ۱۰۱۹۱۳.  
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2020.101913>.
- Zheng, F., Khan, N. A., Hussain, S. (۲۰۲۰). The COVID ۱۹ Pandemic and Digital Higher Education: Exploring the Impact of Proactive Personality on Social Capital through Internet Self-Efficacy and Online Interaction Quality. *Child. Youth Serv. Rev.* 119, ۱۰۵۶۹۴. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105694>.