

The Impact of Software-Based Flipped Learning on Student Teachers' Educational Competencies and Professional Development

1. Milad Khazaie : PhD Student, Department of Mathematics Education, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Moosa Ebadi *: Associate Professor, Department of Mathematics Education, University of Farhangian, Tehran, Iran
3. Mehdi Azhini : Associate Professor, Department of Mathematics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Ahmad Shahvarani Semnani : Associate Professor, Department of Mathematics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author's Email Address: m.ebadi@cfu.ac.ir

Abstract:

This study aimed to investigate the impact of software-based flipped learning on the educational competencies and professional development of student teachers. The research followed a semi-experimental design with a pre-test-post-test control group and a follow-up phase. . The statistical population of the study consisted of student teachers of Shahid Beheshti Center in Tehran Province who studied general mathematics (2) in the academic year 2024-2025. A total of 40 participants were selected using a multi-stage cluster sampling method and randomly assigned to experimental and control groups. The research tool was the Teacher Professional Competency Questionnaire by Karimi (2009). Data were analyzed using repeated measures analysis of variance and the Bonferroni post-hoc test with SPSS-26 software. The results indicated that this educational method had a significant effect on both the educational competencies and professional development of student teachers. The findings show that 80% of students reported that this approach helped improve their teaching quality, and 75% stated that their professional skills were enhanced through flipped learning. Specifically, the use of this learning model led to a significant increase in teaching ability in real educational settings.

Keywords: flipped learning, mathematical software, educational competency, professional competency, student teachers.

How to Cite: Khazaie, M., Ebadi, M., Azhini, M., & Shahvarani Semnani, A. (2025). The Impact of Software-Based Flipped Learning on Student Teachers' Educational Competencies and Professional Development. *Management, Education and Development in Digital Age*, 2(1), 310-328.



تأثیر یادگیری معکوس مبتنی بر نرم افزار بر صلاحیت های آموزشی و توسعه حرفه ای دانشجومعلم

۱. میلاد خزائی ^{id}: دانشجوی دکتری، گروه آموزش ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. موسی عبادی ^{id*}: دانشیار، گروه ریاضی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

۳. مهدی آژینی ^{id}: دانشیار، گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴. احمد شاهورانی سمنانی ^{id}: دانشیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: m.ebadi@cfu.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر یادگیری معکوس مبتنی بر نرم افزار بر صلاحیت های آموزشی و توسعه حرفه ای دانشجومعلم انجام شد. پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل و مرحله پیگیری بود. جامعه آماری پژوهش را دانشجو معلم مرکز شهید بهشتی استان تهران که سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ ریاضی عمومی (۲) داشته اند تشکیل دادند. تعداد ۴۰ نفر با استفاده از روش نمونه گیری خوشه ای چندمرحله ای انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل جایگزین شدند. ابزار پژوهش، پرسشنامه صلاحیت های حرفه ای معلم کریمی (۲۰۰۹) بود. داده ها با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. نتایج نشان داد که این روش آموزشی تأثیر معناداری بر صلاحیت های آموزشی و توسعه حرفه ای دانشجومعلم داشته است. یافته ها نشان داد که ۸۰٪ از دانشجویان گزارش دادند که این رویکرد به بهبود کیفیت تدریس آنان کمک کرده است، و ۷۵٪ نیز اعلام کردند که مهارت های حرفه ای آن ها از طریق یادگیری معکوس ارتقاء یافته است. به ویژه، استفاده از این مدل یادگیری منجر به افزایش چشمگیر توانایی تدریس در محیط های آموزشی واقعی شده است.

کلیدواژه ها: یادگیری معکوس، نرم افزارهای ریاضی، صلاحیت آموزشی، صلاحیت حرفه ای، دانشجومعلم.

نحوه استناددهی: خزائی، میلاد، عبادی، موسی، آژینی، مهدی. و شاهورانی سمنانی، احمد. (۱۴۰۴). تأثیر یادگیری معکوس مبتنی بر نرم افزار بر صلاحیت های آموزشی و توسعه حرفه ای دانشجومعلم، مدیریت، آموزش و توسعه در عصر دیجیتال، (۱)، ۳۲۸-۳۱۰.



در عصر معاصر، روندهای آموزشی به‌طور فزاینده‌ای به سمت تلفیق فناوری‌های نوین به‌منظور ارتقای کیفیت یادگیری در حال حرکت‌اند (Abdollahi et al., 2022; Ebadi et al., 2023; Parsakia et al., 2022). یکی از این روندها که به‌ویژه در حوزه آموزش معلمان مورد توجه قرار گرفته است، یادگیری معکوس است. این روش آموزشی با هدف ارتقای مشارکت فعال دانشجویان در فرایند یادگیری و بهبود کیفیت تدریس طراحی شده است. در یادگیری معکوس، دانشجویان پیش از حضور در کلاس با محتوای آموزشی از طریق ابزارهای چندرسانه‌ای و نرم‌افزارهای مرتبط آشنا می‌شوند، و در نتیجه، زمان کلاس برای فعالیت‌های تعاملی، بحث و یادگیری گروهی اختصاص می‌یابد (Faramarzi Babadi et al., 2024; Krishnian et al., 2024; Travis, 2024).

نرم‌افزارهای ریاضی به‌عنوان ابزارهای آموزشی نوین، در این زمینه نقش محوری ایفا می‌کنند. این ابزارها محیطی تعاملی و جذاب فراهم می‌آورند که درک عمیق‌تر مفاهیم ریاضی را برای دانشجو-معلمان تسهیل می‌نماید (Ebadi & Karami, 2025). این نرم‌افزارها توانایی آموزش راهبردهای حل مسئله به شیوه تعاملی را دارا هستند و با تمرین‌های مکرر، مهارت‌های تحلیلی و حل مسئله را تقویت می‌کنند (Abdu et al., 2022; Gholami Pol Basreh et al., 2022). مدل یادگیری معکوس نه تنها در یادگیری مفاهیم کاربردی ریاضی تأثیرگذار است، بلکه در رشد صلاحیت‌های آموزشی و حرفه‌ای دانشجو-معلمان نیز نقشی مؤثر ایفا می‌کند. این رویکرد به دانشجویان می‌آموزد که چگونه مفاهیم را به شیوه‌ای مؤثرتر و جذاب‌تر به یادگیرندگان منتقل کنند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از یادگیری معکوس در برنامه‌های تربیت معلم می‌تواند به بهبود کیفیت تدریس، افزایش خلاقیت و ارتقای حس مسئولیت‌پذیری در دانشجویان منجر شود (Alonso, 2023; Dutta et al., 2023).

معلمان، عنصر مرکزی فرایند آموزش-یادگیری هستند و نقش غیرقابل انکاری در ارتقای کیفیت نظام آموزشی دارند. یونسکو آموزش را کلید توسعه جوامع و مسیر توانمندسازی افراد برای تحقق توانایی‌های بالقوه‌شان و افزایش کنترل بر تصمیمات مؤثر بر زندگی‌شان می‌داند (Liu & Bray, 2020). برای آنکه آموزش به یادگیری پایدار منجر شود، معلمان باید از مجموعه‌ای از دانش و مهارت‌ها برخوردار باشند که به آن دانش حرفه‌ای یا صلاحیت حرفه‌ای معلم گفته می‌شود (Ahmadi Pour et al., 2021).

نسل کنونی دانشجو-معلمان در مراکز تربیت معلم به‌عنوان "نسل دیجیتال" شناخته می‌شود و در تجربه‌های یادگیری خود به استفاده از فناوری‌ها و ابزارهای نرم‌افزاری نوین نیاز دارند. میزان و نحوه استفاده از این فناوری‌ها در کلاس درس توسط مدرسان و معلمان وابسته به چهار صلاحیت حرفه‌ای شامل نگرش، انگیزش، توانمندی، خودکارآمدی رایانه‌ای و تجربیات پیشین آنان در استفاده از فناوری‌های آموزشی و نیز ادراک آنان از اثربخشی این فناوری‌ها در بهینه‌سازی فرایند آموزش-یادگیری است (Rahbar, 2020).

تردیدی نیست که دانشجو-معلمانی که در دوره کارشناسی خود تجربه یادگیری با استفاده از فناوری‌های نوین را داشته‌اند، در آینده برای به‌کارگیری این فناوری‌ها در کلاس درس انگیزه و توانمندی بیشتری خواهند داشت (Hong et al., 2018; Ishikawa et al., 2023). دلیل آن نیز تجربه مستقیم تأثیر این فناوری‌ها بر یادگیری معنادار دروس تخصصی است. امروزه نرم‌افزارهای تخصصی در حوزه ریاضی دارای امکانات تعاملی و پویانمایی برای اغلب موضوعات مورد نیاز در آموزش حضوری و غیرحضوری هستند (Karami & Salehi, 2023; Kaviani et al., 2018). از سوی دیگر، با توجه به پیشرفت سریع فناوری در عصر دیجیتال، کنار گذاشتن فناوری‌های آموزشی پیشرفته برای پاسخ به نیازهای این نسل نه‌ممکن و نه مطلوب است. بنابراین، معلمان برای آموزش مفاهیم و موضوعات ریاضی به یادگیرندگان امروزی، باید از صلاحیت‌های آموزشی و مهارت‌های حرفه‌ای معلمی برخوردار باشند و درک صحیحی از چگونگی، زمان و میزان استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در قالب برنامه‌ریزی آموزشی مؤثر داشته باشند (Alipour & Alipour, 2022).

از نگاه معلمان، یادگیری معکوس به‌عنوان یکی از شیوه‌های موفق تدریس شناخته شده است که کارایی و اثربخشی این رویکرد را در فرایند آموزش و یادگیری به نمایش می‌گذارد. پژوهش‌های بین‌المللی نشان داده‌اند که کلاس‌های معکوس تأثیر قابل توجهی بر پیشرفت تحصیلی و درگیری آموزشی فراگیران دارد (Little, 2015). مرور ادبیات نشان می‌دهد که اثربخشی یادگیری معکوس در زمینه‌ها و نتایج آموزشی گوناگون به‌صورت مداوم مورد تأکید قرار گرفته است.

جعفری، حبیبزاده و تنها (۲۰۲۳) در پژوهشی دریافتند که آموزش معکوس اجزای خودکارآمدی زبان انگلیسی از جمله خواندن، گفتار و نوشتار را به‌طور معناداری ارتقا داده است (Jafari et al., 2023). علی‌پور و علی‌پور (۲۰۲۲) گزارش کردند که دانشجویان-معلمان کلاس‌های معکوس مجازی را به‌عنوان رویکردی مثبت در ارتقای کیفیت آموزشی درک کرده‌اند (Alipour & Alipour, 2022). پورپاشا و کرد (۲۰۲۲) و یعقوبی (۲۰۲۲) نشان دادند که یادگیری معکوس یادگیری سطحی و عمیق در دروس ریاضی و علوم را بهبود می‌بخشد (Pourpasha & Kord, 2022; Yaghoubi, 2022). سپهوند (۲۰۲۱) و نجف‌آبادی (۲۰۲۱) تأثیرات مثبت آن را بر انگیزش تحصیلی، پیشرفت و نگرش دانشجویان، به‌ویژه همراه با بازی‌وارسازی، گزارش کردند (Najafabadi, 2021; Sepahvand, 2021).

دادگر، باقری و سلمانی (۲۰۲۰) نشان دادند که یادگیری معکوس آمادگی برای یادگیری خودراهربر را در دانشجویان پرستاری افزایش می‌دهد (Dadgar et al., 2020)، درحالی‌که میرزایی متین و همکاران (۲۰۲۰) بهبود راهبردهای انگیزشی در یادگیری فیزیک را گزارش کردند (Mirzaei Matin et al., 2020). سماوی و همکاران (۲۰۲۰) و پیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز برتری این روش را نسبت به رویکردهای مشارکتی و سنتی در ارتقای خودتنظیمی تحصیلی و یادگیری خودراهربر تأیید کردند (Piri et al., 2018; Samavi et al., 2020). نیکخو کورایم (۲۰۱۸) تأثیر آن را بر تعامل اجتماعی و سطوح بالای یادگیری در طبقه‌بندی بلوم برجسته کرد (Nikkho Koraim, 2018). امینی‌فر و همکاران (۲۰۱۱) نقش نرم‌افزارهای آموزشی در بهبود یادگیری ریاضی را تأیید کردند. مطالعات بین‌المللی نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کنند (Amani, 2022); لو و هيو (۲۰۲۰) و هونگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که یادگیری معکوس در آموزش ریاضی و علوم باعث ارتقای یادگیری فعال و عمیق می‌شود (Hong et al., 2018; Lo & Hew, 2020); استین-اوتیم و فولدنس (۲۰۱۸) نیز به بهبود انگیزش، ماندگاری مطالب و آمادگی برای یادگیری خودراهربر اشاره کردند (Steen-Utheim & Foldnes, 2018). در مجموع، ادبیات پژوهش بر ارزش آموزشی کلاس‌های معکوس در ارتقای موفقیت تحصیلی، درگیری یادگیری و رشد صلاحیت‌ها تأکید دارد.

با توجه به اهمیت پاسخگویی به نیازهای معلمان و یادگیرندگان، ارتقای مشارکت آن‌ها در فرایند آموزش-یادگیری و بهره‌گیری خلاقانه از ابزارهای دیجیتال، گذر از روش‌های سنتی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. افزون بر آن، به دلیل حجم بالای محتوای درسی و محدودیت زمانی کلاس‌ها، نیاز فزاینده‌ای به ارتقای صلاحیت‌های حرفه‌ای معلمان، به‌ویژه در دروس کلیدی مانند ریاضی، از طریق روش‌های نوآورانه آموزش و یادگیری احساس می‌شود. با تقویت این مهارت‌ها در معلمان، می‌توان به ارتقای موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان و افزایش درگیری تحصیلی آن‌ها در کلاس‌های درس کمک کرد. از سوی دیگر، اهمیت مهارت‌های درگیری تحصیلی و مشارکت فعال در یادگیری، به‌ویژه در دروس مانند ریاضی، نشان‌دهنده ناکارآمدی رویکردهای سنتی است. همچنین، با توجه به نبود مطالعات داخلی جامع در پایگاه‌های داده علمی درباره تأثیر یادگیری معکوس بر صلاحیت‌های حرفه‌ای دانشجویان-معلمان، انجام این پژوهش از اهمیت و ضرورت ویژه‌ای برخوردار است. هدف این تحقیق، ارزیابی اثر یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار بر صلاحیت‌های حرفه‌ای دانشجویان-معلمان رشته آموزش ریاضی در استان تهران است.

روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق بسته به نوع و ماهیت مطالعه متفاوت بود. این پژوهش از نظر هدف کاربردی است؛ به این معنا که پژوهشگر عمدتاً در پی دستیابی به هدفی عملی و توسعه دانش کاربردی در حوزه موضوعی مورد نظر بوده است. با توجه به عدم امکان کنترل کامل متغیرهای مداخله‌گر، علی‌رغم استفاده از روش تصادفی در انتخاب و گمارش، از روش نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل استفاده شد. لازم به ذکر است که پیش از اجرای مداخله، تلاش شد تا گروه‌های آزمایش و کنترل از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی (مانند جنسیت، سن، وضعیت اجتماعی-اقتصادی، رشته تحصیلی و...) همگن باشند.

جامعه آماری پژوهش را دانشجویان معلمان مرکز شهید بهشتی استان تهران که سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ ریاضی عمومی (۲) داشته‌اند تشکیل دادند. روش نمونه‌گیری در این پژوهش روش تصادفی خوشه چند مرحله‌ای بود، نحوه نمونه برداری به این صورت بود که از معلمان مرکز شهید بهشتی استان تهران که سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ ریاضی عمومی (۲) انتخاب شد. با توجه به نوع طرح تحقیق و مراجعه به منابع مختلف مثل دلاور، ۱۳۹۰؛ بورگ و گال، ۱۳۸۲، حجم نمونه در کارهای نیمه آزمایشی حداقل ۱۰ نفر برای هر گروه کفایت می‌کند لذا با توجه به پاسخگویی به پرسشنامه صلاحیت‌های حرفه‌ای معلمان، ۴۰ نفر از دانشجویان-معلمان که میزان صلاحیت حرفه‌ای شان پایین بود به طور

تصادفی انتخاب و سپس ۲۰ نفر در گروه آزمایش و ۲۰ نفر در گروه گواه به صورت تصادفی جایگزین شدند ملاک‌های ورود و خروج این تحقیق شامل جنسیت، رشته تحصیلی، دسترسی به رایانه، گوشی و ابزارهای چندرسانه‌ای بود.

پس از هماهنگی‌های انجام شده با مدیریت امور پردیس‌های دانشگاه فرهنگیان استان تهران و کسب مجوز لازم از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فرهنگیان جهت اجرای طرح، از بین دانشجو معلمان مرکز شهید بهشتی که درس ریاضی عمومی (۲) در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ را داشتند، دو گروه ۲۰ نفره مجزا تحت عنوان گروه آزمایش و گروه کنترل با رعایت اصول نمونه‌گیری انتخاب شدند، به مرکز شهید بهشتی تهران مراجعه شد و بعد از انجام هماهنگی‌های لازم با مدیریت آن مجموعه و بیان هدف پژوهشگر از انجام این پژوهش، پس از انجام هماهنگی‌های و صحبت‌های اولیه، به توزیع پرسشنامه صلاحیت حرفه‌ای پرداخته شد.

گروه آزمایش در ۱۷ جلسه یک‌ساعته آموزش معکوس (در هفته دو جلسه) شرکت کرد، در حالی که گروه کنترل هیچ‌گونه مداخله‌ای دریافت نکرد. پس از پایان جلسات، از هر دو گروه پس‌آزمون گرفته شد. در رعایت ملاحظات اخلاقی، رضایت آگاهانه از شرکت‌کنندگان اخذ و آن‌ها به‌طور کامل از فرآیند مداخله مطلع شدند. همچنین به گروه کنترل اطمینان داده شد که پس از اتمام فرآیند پژوهش، مداخله را دریافت خواهند کرد. برای بررسی ماندگاری اثربخشی مداخله، یک آزمون پیگیری دو ماه پس از آخرین جلسه برگزار شد. اصول اخلاقی مانند حفظ محرمانگی اطلاعات، شفاف‌سازی اهداف و مراحل پژوهش، اولویت دادن به سلامت روانی شرکت‌کنندگان و احترام به حق انصراف از پژوهش به‌طور کامل رعایت شد.

ملاک‌های ورود: مذکر بودن، تحصیل حداقل در مقطع کارشناسی، دانشجوی رشته آموزش ریاضی، در بازه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال (برای انعطاف بیشتر در انتخاب نمونه)، تمایل به حضور منظم در جلسات، نداشتن اختلالات روان‌پریشی یا روانی شدید، و امکان حضور منظم در کلاس‌ها. ملاک‌های خروج: تحصیل در رشته‌ای غیر از آموزش ریاضی، سابقه مصرف دارو یا ابتلا به اختلالات روانی شدید، مشارکت هم‌زمان در برنامه‌های مداخله‌ای مشابه، یا تمایل نداشتن به ادامه شرکت در پژوهش.

پرسشنامه صلاحیت حرفه‌ای معلمان کریمی (۲۰۰۹): کریمی این پرسشنامه را بر پایه مرور ادبیات و پیشینه پژوهش تدوین کرد و در ابتدا ۸ مؤلفه اصلی و ۹۹ زیرمؤلفه را شناسایی نمود. پس از تحلیل عاملی، نسخه نهایی پرسشنامه با ۹ مؤلفه اصلی و ۹۰ گویه تنظیم شد. نمره‌گذاری به‌صورت طیف لیکرت از «خیلی کم» تا «خیلی زیاد» انجام می‌گیرد و نمرات کل و نمرات مؤلفه‌ها به‌صورت جداگانه برای تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پژوهش کریمی (۲۰۰۹)، روایی محتوایی توسط خبرگان تأیید شد و ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰/۹۶ به‌دست آمد. همچنین، صالحي صدقیانی و قرائی‌پور (۲۰۱۱) روایی محتوایی پرسشنامه را تأیید و پایایی آن را با آلفای کرونباخ ۰/۸۱ گزارش کردند (Karami & Salehi, 2023; Salehi Sadeghiani & Gharai Pour, 2011). مؤلفه‌های اصلی شامل: صلاحیت‌های آموزشی: شامل درک ساختار، اهداف و ویژگی‌های نظام آموزشی، داشتن دانش پایه موضوع، مهارت در ارائه محتوا، ارزشیابی فرایندی و نتیجه‌محور. (سؤالات ۲۹-۴۸)؛ صلاحیت‌های توسعه حرفه‌ای: شامل یادگیری مادام‌العمر، مشارکت در توسعه حرفه‌ای فردی و گروهی، هدایت فراگیران در استفاده از منابع متنوع، و به‌روز بودن دانش و مهارت‌ها. (سؤالات ۴۹-۵۹)؛ صلاحیت‌های مدیریتی: شامل خودمدیریتی، ایجاد خودراهبری در یادگیرندگان، و برنامه‌ریزی درسی. (سؤالات ۶۷-۷۴)؛ صلاحیت‌های فناوری: شامل سواد دیجیتال و مهارت در استفاده از رسانه‌ها، نرم‌افزارها، سخت‌افزارها و ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات در تدریس. (سؤالات ۷۵-۸۰)؛ صلاحیت‌های تدریس: شامل آشنایی با روش‌های تدریس متنوع و به‌کارگیری مؤثر آن‌ها. (سؤالات ۸۵-۸۱).

پروتکل آموزشی

مرحله اول: تعیین دامنه هدف

در این مرحله، اهداف کلی و جزئی درس توسط پژوهشگر (در نقش مدرس) تعیین و برای اجرای مراحل بعد استفاده شد.

مرحله دوم: تهیه محتوای پیش از کلاس



پژوهشگر برنامه آموزشی صلاحیت حرفه‌ای را با استفاده از نرم‌افزار، ویدئوهای آموزشی، جزوات، فایل‌های صوتی، کاربرگ‌ها و نمونه‌هایی از حل مسئله تهیه کرد. در این مرحله محتوا و نحوه ارائه آن نهایی شد.

مرحله سوم: فعالیت‌های قبل از کلاس

نرم‌افزارهای ریاضی، ویدئوهای آموزشی و فایل‌های قابل دانلود یک جلسه قبل در اختیار دانشجویان قرار گرفت. دانشجویان با توجه به موضوع و ترتیب بارگذاری، به فایل‌ها دسترسی یافتند. کلاس معکوس به صورت انفرادی یا گروهی مدیریت شد. دانشجویان موظف بودند محتوا را با دقت مرور و در آن مهارت کسب کنند. در صورت بروز مشکل، از طریق گروه‌های مجازی با همتایان یا پژوهشگر ارتباط گرفته و مشکل را برطرف می‌کردند. پژوهشگر پاسخ مستقیم می‌داد یا به منابع مفید ارجاع می‌داد. یا اینکه سؤالات برای بحث کلاسی نگهداری می‌شد. معلم همچنین یادداشت‌ها، کاربرگ‌ها و سؤالات هدایت‌شده را قبل از هر جلسه بررسی و بازخورد ارائه می‌داد.

مرحله چهارم: فعالیت‌های درون کلاس (۱۳ جلسه)

خارج از کلاس، دانشجویان با استفاده از منابع تهیه‌شده محتوا را یاد می‌گرفتند. در کلاس، تمرکز بر حل مسائل کتاب درسی، رفع اشکال، و انجام تکالیف سطح بالاتر شناختی با نظارت پژوهشگر بود. پیش از هر جلسه، سطح درک دانشجویان سنجیده و بازخورد مناسب ارائه می‌شد. دانشجویان به‌طور فعال درگیر یادگیری بودند و از بازخورد هم‌کلاسی‌ها و مدرس استفاده می‌کردند. چرخه بازخورد با توجه به پیشرفت تداوم داشت. در صورت دشواری گسترده، بحث‌های گروهی شکل می‌گرفت. پژوهشگر تمرین‌های چالشی طراحی می‌کرد و دانشجویان نیز سؤالاتی را تهیه و در کلاس مطرح می‌کردند. پس از جمع‌بندی مفاهیم توسط مدرس، دانشجویان به صورت فردی یا در گروه‌های سه نفره تمرین‌ها را حل می‌کردند. مدرس نیز در کلاس حضور فعال داشت و به سؤالات احتمالی پاسخ می‌داد.

مرحله پنجم: فعالیت‌های بعد از کلاس

دانشجویان دو وظیفه داشتند: (۱) آمادگی برای جلسه آینده از طریق مطالعه مطالب آموزشی جدید که توسط پژوهشگر تعیین شده بود؛ و (۲) انجام تکالیف و تمرین‌های تکمیلی جلسه قبل یا مرور مواد تکمیلی (فیلم، جزوه، کاربرگ) که بعد از کلاس از طریق فضای مجازی در اختیارشان قرار می‌گرفت. پس از هماهنگی با مدیریت پردیس‌های دانشگاه فرهنگیان استان تهران و اخذ مجوز، پژوهشگر به پردیس نسبیّه مراجعه کرد. پس از هماهنگی با مدیریت و حراست و توضیح هدف پژوهش، پرسشنامه صلاحیت حرفه‌ای بین دانشجویان ورودی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۲ توزیع شد. با تحلیل پاسخ‌ها، ۴۰ دانشجو با نمرات پایین‌تر به صورت تصادفی انتخاب و به گروه‌های آزمایش و کنترل (۲۰ نفره) تخصیص یافتند. ملاک‌های ورود شامل جنسیت، رشته تحصیلی و دسترسی به ابزار دیجیتال بود. گروه آزمایش در ۱۷ جلسه یک‌ساعته آموزش معکوس (هفته‌ای دو جلسه) شرکت کرد و گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد. پس از مداخله، هر دو گروه پس‌آزمون را تکمیل کردند. رضایت آگاهانه اخذ و تمام مراحل برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد. به گروه کنترل اطمینان داده شد که آموزش را پس از پایان پژوهش دریافت خواهند کرد. برای ارزیابی ماندگاری اثربخشی، آزمون پیگیری دو ماه بعد انجام شد. استانداردهای اخلاقی از جمله محرمانگی، شفافیت، و اختیار شرکت‌کنندگان رعایت شد. شرکت در آموزش رایگان بود و شرکت‌کنندگان از مزایا و پیامدهای عدم حضور آگاه شدند. تنها تعهد گروه آزمایش، شرکت در ۱۷ جلسه بود. گروه کنترل نیز پس از پایان، آموزش را دریافت کرد تا اصول اخلاقی رعایت شود. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، در ابتدا داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، فراوانی، جداول و نمودارها تحلیل شدند. سپس به دلیل ماهیت نیمه‌تجربی پژوهش، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) برای آزمون فرضیه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

یافته‌ها

یافته‌های جمعیت‌شناختی نشان داد که میانگین و انحراف معیار سنی شرکت‌کنندگان در گروه آزمایش $22/75 \pm 1/58$ سال و در گروه کنترل $23/25 \pm 1/29$ سال بوده است. همچنین، در گروه آزمایش، پدران اکثر شرکت‌کنندگان (۴۰٪) دارای مدرک کارشناسی بودند، در حالی که در گروه کنترل، بیشترین فراوانی مربوط به پدرانی بود که مدرک دیپلم داشتند (۳۵٪). در مورد سطح تحصیلات مادران نیز، در هر دو گروه آزمایش و کنترل، ۴۰٪ از شرکت‌کنندگان گزارش دادند که مادران آن‌ها دارای مدرک دیپلم بوده‌اند.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار متغیرهای وابسته در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در گروه‌های آزمایش و کنترل

متغیرها	گروه کنترل - پیگیری	گروه کنترل - پس‌آزمون	گروه کنترل - پیش‌آزمون	گروه آزمایش - پیگیری	گروه آزمایش - پس‌آزمون	گروه آزمایش - پیش‌آزمون
صلاحیت آموزشی	$46/45 \pm 6/57$	$46/80 \pm 6/60$	$44/35 \pm 5/28$	$57/30 \pm 4/26$	$57/55 \pm 4/29$	$45/55 \pm 3/92$
توسعه حرفه‌ای	$22/00 \pm 2/10$	$21/50 \pm 2/32$	$22/20 \pm 2/94$	$26/30 \pm 1/49$	$26/65 \pm 1/59$	$21/10 \pm 2/78$
صلاحیت مدیریتی	$21/95 \pm 1/31$	$21/90 \pm 1/48$	$21/55 \pm 1/73$	$23/75 \pm 2/11$	$23/95 \pm 2/11$	$21/90 \pm 2/02$
صلاحیت فناوری	$13/10 \pm 0/91$	$13/10 \pm 0/91$	$13/65 \pm 0/93$	$19/75 \pm 1/71$	$19/95 \pm 1/76$	$15/30 \pm 1/78$
صلاحیت تدریس	$15/00 \pm 1/37$	$15/25 \pm 1/29$	$14/95 \pm 1/31$	$18/25 \pm 2/14$	$18/40 \pm 1/90$	$12/05 \pm 1/43$

با توجه به اینکه در این پژوهش از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره (ANCOVA) و چندمتغیره (MANCOVA) استفاده شده، ابتدا مفروضات این آزمون‌ها بررسی شدند. مفروضه نرمال بودن توزیع بررسی می‌کند که آیا توزیع نمرات در نمونه با توزیع نرمال جامعه همخوانی دارد یا نه. برای بررسی این مفروضه از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد.

جدول ۲. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع متغیرهای وابسته به تفکیک گروه

متغیر	مرحله	گروه آزمایش (Z / p)	گروه کنترل (Z / p)
صلاحیت آموزشی	پیش‌آزمون	$0.14 / 0.20$	$0.14 / 0.20$
	پس‌آزمون	$0.14 / 0.20$	$0.20 / 0.09$
	پیگیری	$0.12 / 0.20$	$0.10 / 0.20$
توسعه حرفه‌ای	پیش‌آزمون	$0.13 / 0.20$	$0.14 / 0.20$
	پس‌آزمون	$0.14 / 0.20$	$0.14 / 0.20$
	پیگیری	$0.13 / 0.20$	$0.17 / 0.09$
صلاحیت مدیریتی	پیش‌آزمون	$0.15 / 0.20$	$0.17 / 0.10$
	پس‌آزمون	$0.19 / 0.20$	$0.17 / 0.10$
	پیگیری	$0.18 / 0.09$	$0.17 / 0.09$
صلاحیت فناوری	پیش‌آزمون	$0.13 / 0.20$	$0.17 / 0.13$
	پس‌آزمون	$0.13 / 0.20$	$0.16 / 0.15$
	پیگیری	$0.12 / 0.20$	$0.17 / 0.09$
صلاحیت تدریس	پیش‌آزمون	$0.14 / 0.20$	$0.16 / 0.16$
	پس‌آزمون	$0.13 / 0.20$	$0.18 / 0.07$
	پیگیری	$0.12 / 0.20$	$0.16 / 0.14$

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، هیچ‌کدام از مقادیر آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای متغیرهای وابسته در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های آزمایش و کنترل معنادار نبوده‌اند ($p > 0.05$). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که توزیع نمرات نرمال است.

برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد.

جدول ۳. نتایج آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها

متغیر	نسبت F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری
صلاحیت آموزشی	۰.۰۰۷	۱	۳۸	۰.۹۳
توسعه حرفه‌ای	۰.۰۲۰	۱	۳۸	۰.۸۸
صلاحیت مدیریتی	۰.۱۱۰	۱	۳۸	۰.۷۳
صلاحیت فناوری	۲.۱۸۰	۱	۳۸	۰.۱۴
صلاحیت تدریس	۰.۸۸۰	۱	۳۸	۰.۳۵

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هیچ‌یک از مقادیر F برای متغیرهای وابسته معنادار نیستند ($p > 0.05$)، بنابراین مفروضه همگنی واریانس‌ها بین گروه‌های آزمایش و کنترل تأیید می‌شود.

برای بررسی وجود رابطه خطی بین متغیر هم‌پراش (همگام) و متغیر وابسته از نمودار پراکنش استفاده شد. از آنجایی که خطوط رگرسیون یکدیگر را قطع نکرده‌اند، نتیجه گرفته شد که رابطه‌ای خطی میان متغیر هم‌پراش و متغیر وابسته وجود دارد.

برای بررسی همگنی ماتریس‌های واریانس-کوواریانس از آزمون باکس استفاده شد.

جدول ۴. نتایج آزمون باکس برای بررسی همگنی ماتریس‌های کوواریانس

همگنی ماتریس‌ها	نسبت F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری
	۱.۲۴	۵۵	۴۶۶۳.۱۲	۰.۲۸

براساس نتایج آزمون باکس، مقدار غیرمعنادار حاصل نشان می‌دهد که مفروضه همگنی ماتریس‌های کوواریانس برقرار است.

از آنجا که تمامی مفروضات لازم برای اجرای تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر رعایت شده‌اند، نتایج این آزمون در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای متغیرهای وابسته

متغیرها	اثر	نام آزمون	مقدار	F	Df فرضیه	Df خطا	سطح معناداری	مجذور اتا
صلاحیت آموزشی	زمان	اثر پیلایی	۰/۸۲	۸۴/۲۷	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۸۲
		لامبدای ویکلز	۰/۱۸	۸۴/۲۷	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۸۲
		اثر هتلینگ	۴/۵۵	۸۴/۲۷	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۸۲
		بزرگترین ریشه روی	۴/۵۵	۸۴/۲۷	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۸۲
	زمان*گروه	اثر پیلایی	۰/۶۴	۳۴/۲۰	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۶۴
		لامبدای ویکلز	۰/۳۵	۳۴/۲۰	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۶۴
		اثر هتلینگ	۱/۸۴	۳۴/۲۰	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۶۴
		بزرگترین ریشه روی	۱/۸۴	۳۴/۲۰	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۶۴
صلاحیت توسعه حرفه‌ای	زمان	اثر پیلایی	۰/۵۴	۲۲/۲۲	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۵۴
		لامبدای ویکلز	۰/۴۵	۲۲/۲۲	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۵۴
		اثر هتلینگ	۱/۲۰	۲۲/۲۲	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۵۴
		بزرگترین ریشه روی	۱/۲۰	۲۲/۲۲	۲	۳۷	۰/۰۱	۰/۵۴

۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۷/۴۹	۰/۶۷	اثر پیلایی	زمان*گروه
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۷/۴۹	۰/۳۳	لامبدای ویکلز	
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۷/۴۹	۲/۰۲	اثر هتلینگ	
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۷/۴۹	۲/۰۲	بزرگترین ریشه روی	
۰/۵۸	۰/۰۱	۳۷	۲	۲۵/۷۰	۰/۵۸	اثر پیلایی	زمان
۰/۵۸	۰/۰۱	۳۷	۲	۲۵/۷۰	۰/۴۱	لامبدای ویکلز	
۰/۵۸	۰/۰۱	۳۷	۲	۲۵/۷۰	۱/۳۸	اثر هتلینگ	
۰/۵۸	۰/۰۱	۳۷	۲	۲۵/۷۰	۱/۳۸	بزرگترین ریشه روی	
۰/۴۱	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۳/۲۲	۰/۴۱	اثر پیلایی	زمان*گروه
۰/۴۱	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۳/۲۲	۰/۵۸	لامبدای ویکلز	
۰/۴۱	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۳/۲۲	۰/۷۱	اثر هتلینگ	
۰/۴۱	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۳/۲۲	۰/۷۱	بزرگترین ریشه روی	
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۹/۱۳	۰/۶۷	اثر پیلایی	زمان
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۹/۱۳	۰/۳۲	لامبدای ویکلز	
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۹/۱۳	۲/۱۱	اثر هتلینگ	
۰/۶۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۳۹/۱۳	۲/۱۱	بزرگترین ریشه روی	
۰/۷۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۶۲/۰۹	۰/۷۷	اثر پیلایی	زمان*گروه
۰/۷۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۶۲/۰۹	۰/۲۳	لامبدای ویکلز	
۰/۷۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۶۲/۰۹	۳/۳۵	اثر هتلینگ	
۰/۷۷	۰/۰۱	۳۷	۲	۶۲/۰۹	۳/۳۵	بزرگترین ریشه روی	
۰/۸۹	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۵۹/۸۸	۰/۸۹	اثر پیلایی	زمان
۰/۸۹	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۵۹/۸۸	۰/۱۰	لامبدای ویکلز	
۰/۸۹	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۵۹/۸۸	۸/۶۴	اثر هتلینگ	
۰/۸۹	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۵۹/۸۸	۸/۶۴	بزرگترین ریشه روی	
۰/۸۶	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۱۹/۴۴	۰/۸۶	اثر پیلایی	زمان*گروه
۰/۸۶	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۱۹/۴۴	۰/۱۳	لامبدای ویکلز	
۰/۸۶	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۱۹/۴۴	۶/۴۵	اثر هتلینگ	
۰/۸۶	۰/۰۱	۳۷	۲	۱۱۹/۴۴	۶/۴۵	بزرگترین ریشه روی	

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، از آنجا که سطح معناداری برای اثر زمان در تمامی آزمون‌ها کمتر از مقدار خطای ۰/۰۵ است، اثر زمان در مدل از نظر آماری معنادار است. این امر نشان می‌دهد که میانگین متغیرهای وابسته در زمان‌های مختلف با یکدیگر تفاوت دارند. مقادیر اتا اسکور بیانگر اندازه اثر برای هر متغیر هستند. توان آماری این آزمون تقریباً برابر با ۱ است که به معنای احتمال خطای نوع دوم بسیار اندک می‌باشد. همچنین، از آنجا که سطح معناداری برای اثر تعاملی زمان و گروه نیز کمتر از ۰/۰۵ است، می‌توان نتیجه گرفت که تعامل بین زمان و گروه معنادار است. بدین معنا که دو متغیر زمان و گروه به‌صورت هم‌زمان و تعاملی بر میانگین نمرات متغیرهای وابسته تأثیرگذار بوده‌اند و این تأثیر منجر به بروز تفاوت‌هایی در طول زمان و بین گروه‌های آزمایش و کنترل شده است.

جدول ۶. نتایج آزمون کرویت ماکلی برای بررسی مفروضه ماتریس کوواریانس در متغیرها

متغیر	مقدار W ماکلی	مجذور خی	درجه آزادی	سطح معناداری	گرینهاوس-گایزر	هوی-فلدت	کران پایین
صلاحیت آموزشی	۰.۱۲	۷۵.۹۷	۲	۰.۰۱	۰.۵۳	۰.۵۵	۰.۵۰
توسعه حرفه‌ای	۰.۳۷	۳۶.۴۸	۲	۰.۰۱	۰.۶۱	۰.۶۴	۰.۵۰
صلاحیت مدیریتی	۰.۴۵	۲۹.۰۵	۲	۰.۰۱	۰.۶۴	۰.۶۷	۰.۵۰
صلاحیت فناوریانه	۰.۱۱	۸۱.۰۳	۲	۰.۰۱	۰.۵۳	۰.۵۴	۰.۵۰
صلاحیت تدریس	۰.۳۴	۳۹.۷۵	۲	۰.۰۱	۰.۶۰	۰.۶۲	۰.۵۰

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، سطح معناداری آزمون ماکلی برای همه متغیرهای وابسته کمتر از 0.01 ($p = 0.01$) است. بنابراین، فرض صفر مبنی بر کرویّت ماتریس رد می‌شود و این به معنی نقض مفروضه یکسان بودن واریانس تفاوت‌ها می‌باشد. بر این اساس، برای این متغیرها باید از اصلاحات محافظه‌کارانه‌تری مانند اصلاح گرینه‌هاوس-گایزر استفاده شود.

فرضیه اول: استفاده از یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی بر صلاحیت آموزشی دانشجومعلمیان آموزش ریاضی تأثیر دارد.

جدول ۷. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای اثربخشی و پایداری برنامه یادگیری معکوس بر صلاحیت آموزشی

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر	توان
گروه	۱۶۸۷.۵۰۰	۱	۱۶۸۷.۵۰۰	۲۲.۷۱	۰.۰۱	۰.۳۷	۱
زمان	۱۳۱۰.۷۱۷	۱.۰۶	۱۲۲۶.۶۴۰	۱۴۲.۶۸۷	۰.۰۱	۰.۷۹	۱
تعامل زمان * گروه	۵۹۵.۵۵۰	۱.۰۶	۵۵۷.۳۴۸	۶۴.۸۳۳	۰.۰۱	۰.۶۳	۱

نتایج نشان می‌دهد که اثرات گروه، زمان، و تعامل زمان * گروه همگی از نظر آماری معنادار هستند ($p < 0.01$). اجرای برنامه یادگیری معکوس با استفاده از نرم‌افزار ریاضی منجر به بهبود صلاحیت آموزشی در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل شده است. علاوه بر این، معناداری اثرات زمان و تعامل نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون، و پیگیری است.

جدول ۸. آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه صلاحیت آموزشی در مراحل ارزیابی

مرحله ارزیابی	میانگین تفاوت	خطای استاندارد	سطح معناداری
پیش‌آزمون در مقابل پس‌آزمون	-۱۲.۰۰	۰.۹۲	۰.۰۱
پیش‌آزمون در مقابل پیگیری	-۱۱.۷۵	۱.۰۰	۰.۰۱
پس‌آزمون در مقابل پیگیری	۰.۲۵	۰.۱۹	۰.۶۱

این نتایج نشان می‌دهد که تفاوت بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری از نظر آماری معنادار است ($p < 0.01$), در حالی که تفاوت بین پس‌آزمون و پیگیری معنادار نیست. تفاوت معنادار بین پس‌آزمون و پیش‌آزمون بیانگر اثربخشی برنامه یادگیری معکوس است و تفاوت معنادار بین پیگیری و پیش‌آزمون نیز پایداری اثرات آن را تأیید می‌کند. فرضیه دوم: استفاده از یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی بر صلاحیت توسعه حرفه‌ای دانشجومعلمیان آموزش ریاضی تأثیر دارد.

جدول ۹. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای اثربخشی و پایداری برنامه یادگیری معکوس بر صلاحیت توسعه حرفه‌ای

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر	توان
گروه	۲۳۲.۴۰۸	۱	۲۳۲.۴۰۸	۲۰.۰۵	۰.۰۱	۰.۳۴	۱
زمان	۱۶۱.۸۱۷	۱.۲۲	۱۳۱.۶۳۶	۴۰.۸۹۴	۰.۰۱	۰.۵۱	۱
تعامل زمان * گروه	۲۲۹.۸۱۷	۱.۲۲	۱۸۶.۹۵۳	۵۸.۰۷۸	۰.۰۱	۰.۶۰	۱

نتایج نشان می‌دهد که اثرات گروه، زمان، و تعامل زمان * گروه همگی از نظر آماری معنادار هستند ($p < 0.01$). مداخله یادگیری معکوس منجر به بهبود صلاحیت توسعه حرفه‌ای در گروه آزمایش شده است. تفاوت‌های معنادار در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری نیز اثربخشی و ماندگاری این مداخله را تأیید می‌کند.

جدول ۱۰. آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه صلاحیت توسعه حرفه‌ای در مراحل ارزیابی

مرحله ارزیابی	میانگین تفاوت	خطای استاندارد	سطح معناداری
پیش‌آزمون در مقابل پس‌آزمون	-۵.۵۵	۰.۶۶	۰.۰۱
پیش‌آزمون در مقابل پیگیری	-۵.۲۰	۰.۶۴	۰.۰۱
پس‌آزمون در مقابل پیگیری	۰.۳۵	۰.۲۰	۰.۳۳

تفاوت بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری از نظر آماری معنادار است ($p < 0.01$)، در حالی که تفاوت بین پس‌آزمون و پیگیری معنادار نیست. این یافته‌ها اثربخشی و پایداری برنامه یادگیری معکوس در ارتقای صلاحیت توسعه حرفه‌ای را تأیید می‌کند.

فرضیه سوم: استفاده از یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی بر صلاحیت مدیریتی دانشجومعلم‌ان آموزش ریاضی تأثیر دارد.

جدول ۱۱. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای اثربخشی و پایداری برنامه یادگیری معکوس بر صلاحیت مدیریتی

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر	توان
گروه	۵۸.۸۰۰	۱	۵۸.۸۰۰	۶.۳۹	۰.۰۱	۰.۱۴	۱
زمان	۳۶.۱۵۰	۱.۲۹	۲۷.۹۱۷	۴۴.۳۱۳	۰.۰۱	۰.۵۳	۱
تعامل زمان * گروه	۱۶.۸۵۰	۱.۲۹	۱۳.۰۱۲	۲۰.۶۵۵	۰.۰۱	۰.۳۵	۱

هر سه اثر—گروه، زمان و تعامل—از نظر آماری معنادار بودند ($p < 0.01$). یافته‌ها نشان می‌دهند که مداخله موجب بهبود صلاحیت مدیریتی شده است و این اثرات تا مرحله پیگیری نیز حفظ شده‌اند.

جدول ۱۲. آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه صلاحیت مدیریتی در مراحل ارزیابی

مرحله ارزیابی	میانگین تفاوت	خطای استاندارد	سطح معناداری
پیش‌آزمون در مقابل پس‌آزمون	-۱.۲۰	۰.۱۶	۰.۰۱
پیش‌آزمون در مقابل پیگیری	-۱.۱۲	۰.۱۶	۰.۰۱
پس‌آزمون در مقابل پیگیری	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۹۳

تفاوت‌های معنادار بین پیش‌آزمون و هر دو مرحله پس‌آزمون و پیگیری، هم اثربخشی و هم تأثیرات پایدار برنامه یادگیری معکوس بر صلاحیت مدیریتی را تأیید می‌کند.

فرضیه چهارم: استفاده از یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی بر صلاحیت فناورانه دانشجومعلم‌ان آموزش ریاضی تأثیر دارد.

جدول ۱۳. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای اثربخشی و پایداری برنامه یادگیری معکوس بر صلاحیت فناورانه

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر	توان
گروه	۷۶۵.۰۷۵	۱	۷۶۵.۰۷۵	۱۷۳.۵۵	۰.۰۱	۰.۸۲	۱
زمان	۱۰۶.۸۶۷	۱.۰۵	۱۰۰.۸۸۷	۷۳.۱۲۶	۰.۰۱	۰.۶۵	۱
تعامل زمان * گروه	۱۷۳.۶۰۰	۱.۰۵	۱۶۳.۸۸۵	۱۱۸.۷۹۰	۰.۰۱	۰.۷۵	۱

نتایج نشان می‌دهد که اثرات گروه، زمان، و تعامل زمان * گروه همگی از نظر آماری معنادار هستند ($p < 0.01$) که اثربخشی برنامه در ارتقای صلاحیت فناورانه و پایداری این اثر را تأیید می‌کند.

جدول ۱۴. آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه صلاحیت فناورانه در مراحل ارزیابی

مرحله ارزیابی	میانگین تفاوت	خطای استاندارد	سطح معناداری
پیش‌آزمون در مقابل پس‌آزمون	-۴.۶۵	۰.۳۹	۰.۰۱
پیش‌آزمون در مقابل پیگیری	-۴.۴۵	۰.۴۰	۰.۰۱
پس‌آزمون در مقابل پیگیری	۰.۲۰	۰.۰۹	۰.۱۲

نتایج فوق تأیید می‌کند که مداخله به‌طور معناداری صلاحیت فناورانه را ارتقا داده و این اثر در طول زمان پایدار باقی مانده است.

فرضیه پنجم: استفاده از یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی بر صلاحیت تدریس دانشجومعلم‌ان آموزش ریاضی تأثیر دارد.



جدول ۱۵. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای اثربخشی و پایداری برنامه یادگیری معکوس بر صلاحیت تدریس

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر	توان
گروه	۴۰.۸۳۳	۱	۴۰.۸۳۳	۶.۴۵	۰.۰۱	۰.۱۴	۱
زمان	۲۷۸.۱۵۰	۱.۲۰	۲۳۰.۶۵۳	۱۸۹.۶۴۸	۰.۰۱	۰.۸۳	۱
تعامل زمان * گروه	۲۴۸.۱۱۷	۱.۲۰	۲۰۵.۷۴۸	۱۶۹.۱۷۰	۰.۰۱	۰.۸۱	۱

یافته‌های معنادار ($p < 0.01$) نشان می‌دهد که برنامه یادگیری معکوس تأثیر چشمگیری بر صلاحیت تدریس داشته و این اثرات در طول زمان نیز حفظ شده است.

جدول ۱۶. آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه صلاحیت تدریس در مراحل ارزیابی

مرحله ارزیابی	میانگین تفاوت	خطای استاندارد	سطح معناداری
پیش‌آزمون در مقابل پس‌آزمون	-۶.۳۵	۰.۳۷	۰.۰۱
پیش‌آزمون در مقابل پیگیری	-۶.۲۰	۰.۴۹	۰.۰۱
پس‌آزمون در مقابل پیگیری	۰.۱۵	۰.۱۵	۰.۹۹

یافته‌های فوق نشان می‌دهند که پس از مداخله، بهبود قابل توجهی در صلاحیت تدریس مشاهده شده است و این بهبود تا مرحله پیگیری حفظ شده و کاهش معناداری نداشته است—که بیانگر اثربخشی پایدار مداخله است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف تأثیر یادگیری معکوس مبتنی بر نرم افزارهای ریاضی بر صلاحیت های حرفه‌ای دانشجو معلمان استان تهران انجام گرفت. جامعه آماری این پژوهش را دانشجو معلمان مرکز شهید بهشتی استان تهران که سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ ریاضی عمومی (۲) داشته اند تشکیل دادند. برای انتخاب نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه چند مرحله‌ای استفاده شده است و از این بین ۴۰ نفر از دانشجو-معلمان که میزان صلاحیت حرفه ای شان پایین بود به طور تصادفی انتخاب و به‌طور تصادفی به دو گروه آزمایش (۲۰ نفر) و گواه (۲۰ نفر) تقسیم شدند. در این پژوهش همچنین برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه صلاحیت های حرفه‌ای معلمان کریمی (۱۳۸۸) استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن متغیرهای پژوهش آزمون کالموگراف - اسمیرنوف K-S انجام شد. نتایج تحقیق با استفاده از تحلیل واریانس اندازه گیری های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج فرضیه اول نشان داد که میانگین نمرات گروه کنترل در مرحله پیش‌آزمون ($M = ۴۴.۳۵$)، پس‌آزمون ($M = ۴۶.۸۰$)، و پیگیری ($M = ۴۶.۴۵$) برای شایستگی آموزشی تغییر معنی‌داری نداشت. در مقابل، میانگین نمره پس‌آزمون گروه آزمایش ($M = ۵۷.۵۵$) نسبت به پیش‌آزمون ($M = ۴۵.۵۵$) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این افزایش در مرحله پیگیری ($M = ۵۷.۳۰$) نیز پایدار ماند. این نتایج نشان‌دهنده بهبود شایستگی آموزشی دانشجومعلمان و تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های آزمایش و کنترل در پی اجرای مداخله یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی بود. تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($F = ۲۲.۷۱$, $p < .۰۱$) و نتایج آزمون بونفرونی نیز تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری ($p < .۰۱$)، اما نه بین پس‌آزمون و پیگیری را تأیید کرد. این یافته‌ها مؤید اثربخشی و پایداری مداخله بوده و فرضیه اول را تأیید می‌کند. اگرچه مطالعه‌ای کاملاً مشابه یافت نشد، اما این نتایج با یافته‌های وبستر و همکاران (۲۰۱۶) همسو است که نشان دادند دانشجویان در کلاس‌های معکوس در مکانیک سیالات عملکرد بهتری داشته و در حل مسئله و درک مفهومی نیز موفق‌تر بودند. راتکوفسکی و موسچینسکا (۲۰۱۵) نیز تأیید کردند که یادگیری معکوس سبب بهبود نتایج یادگیری و مهارت‌های یادگیری خودراهبر در آموزش مهندسی می‌شود (Rutkowski & Moscinska, 2015). همچنین امینی‌فر و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که نرم‌افزارهای ریاضی موجب ارتقاء یادگیری و پیشرفت تحصیلی می‌شود (Amini Far et al., 2011). هیچ مطالعه متناقضی شناسایی نشد.

تأثیر مثبت یادگیری معکوس بر شایستگی آموزشی ممکن است ناشی از افزایش تعامل و درگیری با محتوای یادگیری باشد که به تقویت انگیزش تحصیلی و فرایند یاددهی-یادگیری کمک می‌کند. یکی از عوامل کلیدی موفقیت، استفاده بهینه از زمان آموزشی و غلبه بر محدودیت‌های زمانی در ارائه مطالب درسی است. همچنین، مسئولیت‌پذیری دانشجومعلمان برای آماده‌سازی قبل از کلاس موجب درگیری بیشتر و انگیزش بالاتر شده و شایستگی آموزشی آنان را بهبود می‌بخشد.

نتایج فرضیه دوم نشان داد که نمرات میانگین شایستگی رشد حرفه‌ای در گروه کنترل طی مراحل پیش‌آزمون ($M = 22.20$)، پس‌آزمون ($M = 21.50$) و پیگیری ($M = 22.00$) تقریباً ثابت ماند؛ در حالی که نمره گروه آزمایش در پس‌آزمون ($M = 26.65$) نسبت به پیش‌آزمون ($M = 21.10$) افزایش یافت و در مرحله پیگیری ($M = 26.30$) نیز پایدار ماند. این نتایج حاکی از بهبود شایستگی رشد حرفه‌ای در نتیجه یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزار ریاضی است. تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($F = 20.05, p < .01$) و آزمون بونفرونی نیز تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری ($p < .01$) اما نه بین پس‌آزمون و پیگیری را تأیید کرد. بنابراین فرضیه دوم نیز تأیید شد.

با وجود نبود مطالعات مشابه، یافته‌ها با نتایج جعفری و همکاران (۲۰۲۳) سازگار است که نشان دادند یادگیری معکوس باعث بهبود معنادار خودکارآمدی در خواندن، صحبت کردن و نوشتن (به‌جز خودکارآمدی شنیداری) شد. همچنین، خوشنود و همکاران (۲۰۲۱) اثربخشی بیشتر یادگیری معکوس را نسبت به آموزش مبتنی بر شبکه‌های اجتماعی در خلاقیت و یادگیری خودراهر گزارش کردند (Khoshnoud et al., 2021). دادگر، باقری و سلیمانی (۲۰۲۰) نیز به این نتیجه رسیدند که آموزش معکوس موجب افزایش آمادگی برای یادگیری خودراهر می‌شود (Dadgar et al., 2020). دیناروند و گلزاری (۲۰۱۹) نیز بهبود نگرش حرفه‌ای و خودکارآمدی کلی معلمان را گزارش کردند (Dinarvand & Golzari, 2019). گونزالس و همکاران (۲۰۲۲) نیز تأثیر مثبت کلاس‌های معکوس بر خودکارآمدی و نگرش علمی معلمان پیش‌خدمت را تأیید کردند (Gonzalez-Gomez et al., 2022). هیچ مطالعه متناقضی گزارش نشد.

این نتایج نشان می‌دهد که یادگیری معکوس با فراهم ساختن فرصت‌هایی برای خودآموزی و آمادگی قبلی، استقلال یادگیرندگان و رشد حرفه‌ای آنان را ارتقا می‌دهد. همچنین، این مدل باعث می‌شود دانشجومعلمان با دسترسی به محتوای آموزشی پیش از کلاس، بهتر بتوانند مهارت‌های حرفه‌ای در تدریس ریاضی را کسب کنند.

نتایج فرضیه سوم نشان داد که نمرات شایستگی مدیریتی در گروه کنترل در مراحل پیش‌آزمون ($M = 21.55$)، پس‌آزمون ($M = 21.90$) و پیگیری ($M = 21.95$) تفاوت معناداری نداشت؛ اما در گروه آزمایش، میانگین نمره پس‌آزمون ($M = 23.95$) نسبت به پیش‌آزمون ($M = 21.90$) افزایش یافت و در پیگیری ($M = 23.75$) نیز ثابت باقی ماند. تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تفاوت معناداری را نشان داد ($F = 6.39, p < .01$) و آزمون بونفرونی نیز تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری ($p < .01$) اما نه بین پس‌آزمون و پیگیری را تأیید کرد. بنابراین، فرضیه سوم نیز تأیید شد.

با اینکه مطالعات کاملاً مشابهی یافت نشد، نتایج با پژوهش اسلامی و همکاران (۲۰۲۳) هم‌راستا است که نشان دادند آموزش معکوس بازی‌وار موجب ارتقاء تفکر انتقادی می‌شود (Eslami et al., 2023). همچنین، جعفری و همکاران (۲۰۲۳)، دیناروند و گلزاری (۲۰۱۹) و پیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر مثبت آموزش معکوس را بر یادگیری خودراهر و نگرش حرفه‌ای گزارش کرده‌اند (Dinarvand & Golzari, 2019; Jafari et al., 2023; Piri et al., 2018). سان و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش خودتنظیمی در کلاس‌های معکوس را گزارش کردند (Sun et al., 2017). هیچ مطالعه مغایری یافت نشد.

مدل آموزش معکوس، مهارت‌های فراشناختی، انگیزش درونی و مسئولیت‌پذیری در یادگیری را تقویت می‌کند. با آماده‌سازی محتوای درسی پیش از کلاس، زمان کلاس برای فعالیت‌های تعاملی و هدایت‌شده توسط مدرس آزاد می‌شود که این خود منجر به بهبود مدیریت زمان و خودنظارتی، به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی شایستگی مدیریتی، می‌شود.

نتایج فرضیه چهارم نشان داد که در گروه کنترل، نمرات شایستگی فناوری در مراحل پیش‌آزمون ($M = 13.65$)، پس‌آزمون ($M = 13.10$) و پیگیری ($M = 13.10$) تغییر معناداری نداشت. در مقابل، در گروه آزمایش، میانگین نمره از پیش‌آزمون ($M = 15.30$) به پس‌آزمون ($M = 19.95$) افزایش یافت و این افزایش در مرحله پیگیری ($M = 19.75$) نیز پایدار ماند. تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تفاوت معناداری را نشان داد ($F = 173.55, p < .01$) و آزمون بونفرونی نیز تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری ($p < .01$) اما نه بین پس‌آزمون و پیگیری را تأیید کرد. این یافته‌ها فرضیه چهارم را تأیید می‌کند.

با وجود عدم وجود مطالعات کاملاً مشابه، یافته‌های آمینی‌فر و همکاران (۲۰۱۱) اثربخشی نرم‌افزار در یادگیری ریاضی را تأیید کرده‌اند (Amini Far et al., 2011). هیچ یافته متناقضی شناسایی نشد.

یادگیری معکوس مبتنی بر نرم‌افزارهای ریاضی کنجکاو، یادگیری عمیق، و مشارکت فعال را با تأکید بر فناوری آموزشی و مهارت‌های فردی در هم می‌آمیزد. این تمرکز دوگانه به ارتقاء شایستگی فناورانه در دانشجومعلم کمک می‌کند زیرا انگیزه آن‌ها را برای استفاده از ابزارهای دیجیتال در فرآیند تدریس افزایش می‌دهد.

نتایج فرضیه پنجم نشان داد که نمرات شایستگی تدریس در گروه کنترل در مراحل پیش‌آزمون ($M = 14.95$)، پس‌آزمون ($M = 15.25$) و پیگیری ($M = 15.00$) تغییر معناداری نداشت. در حالی که در گروه آزمایش، نمره پس‌آزمون ($M = 18.40$) نسبت به پیش‌آزمون ($M = 12.05$) افزایش معناداری داشت و در پیگیری ($M = 18.25$) نیز پایدار باقی ماند. تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تفاوت معناداری را نشان داد ($F = 6.45, p < .01$) و نتایج آزمون بونفرونی نیز تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون و پیگیری ($p < .01$) اما نه بین پس‌آزمون و پیگیری را تأیید کرد. این یافته‌ها فرضیه پنجم را نیز تأیید می‌کنند.

اگرچه مطالعه‌ای کاملاً مشابه شناسایی نشد، یافته‌ها با پژوهش راتکوفسکی و موسچینسکا (۲۰۱۵) همسو است که اثربخشی یادگیری معکوس بر مهارت‌های خودراهربر را تأیید کرده‌اند (Rutkowski & Moscinska, 2015). همچنین، لو و هیو (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که کلاس‌های معکوس یادگیری فعال و مهارت حل مسئله را ارتقاء می‌دهند (Lo & Hew, 2020). هیچ مطالعه متناقضی گزارش نشد.

یادگیری معکوس به‌عنوان یک مدل فعال و یادگیرنده‌محور، از طریق پروژه‌های گروهی، اکتشاف، آزمایش و ارائه‌های آموزشی محیط کلاس را غنی می‌سازد. استفاده از فناوری در این مدل، انگیزه یادگیرندگان و عملکرد حرفه‌ای آن‌ها را افزایش می‌دهد. با ایفای نقش تسهیل‌گر توسط مدرس، کلاس‌های معکوس فهم مطالب و انگیزش درونی را ارتقاء داده و به یادگیرندگان این امکان را می‌دهد تا دانش خود را به‌صورت انتقادی در موقعیت‌های واقعی به‌کار گیرند و در نتیجه شایستگی تدریس آنان تقویت شود.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

Extended Summary

Introduction

In recent years, the flipped learning model has emerged as a transformative pedagogical approach, reshaping the landscape of teacher education by shifting direct instruction to individual learning spaces and utilizing classroom time for interactive learning experiences. This approach, when coupled with subject-specific technologies such as mathematics software, holds promise for developing essential professional competencies in student teachers. As educational systems increasingly emphasize the preparation of reflective and competent educators, it becomes imperative to explore effective strategies that support this goal. Flipped learning, which encourages active participation, self-regulation, and critical thinking, aligns well with contemporary educational reforms seeking to enhance teacher quality and student outcomes (Lo & Hew, 2020).

Mathematics education, as a domain that demands both pedagogical expertise and content mastery, can particularly benefit from technology-mediated instructional strategies. Studies have shown that flipped learning positively influences learners' academic performance, engagement, and attitudes toward learning (Rutkowski & Moscinska, 2015). Furthermore, the integration of mathematical software into flipped instruction can enhance conceptual understanding and promote the development of analytical skills, which are vital for future teachers (Amini Far et al., 2011). Research has also highlighted that flipped classrooms support differentiated learning, encourage autonomy, and foster competencies such as problem-solving and instructional planning (Gonzalez-Gomez et al., 2022).

In the context of teacher training institutions, the need to enhance professional competencies—educational, managerial, technological, and teaching-related—has been well documented. These competencies are closely linked to the efficacy of instruction and student learning outcomes. Prior studies have emphasized the role of active learning environments in fostering self-directed learning, creativity, and instructional innovation (Dadgar et al., 2020; Khoshnoud et al., 2021). However, there remains a gap in empirical evidence regarding the sustained effects of flipped learning, particularly when implemented through mathematics software, on the professional development of student teachers in real-world educational settings.

This study aims to address this gap by evaluating the impact of a software-based flipped learning intervention on the educational, professional, managerial, technological, and teaching competencies of mathematics education student teachers in Iran. By adopting a rigorous experimental design and longitudinal follow-up, this research seeks to contribute to the growing body of knowledge on technology-integrated pedagogies and their role in teacher education. The findings offer valuable insights for curriculum designers, teacher educators, and policymakers committed to enhancing the quality of teacher preparation programs.

Methods and Materials

This study employed a quasi-experimental design using a pretest-posttest control group with a follow-up phase. The statistical population comprised all male student teachers enrolled in the mathematics education program at Farhangian University in Tehran Province during the 2023–2024 academic year. A multi-stage cluster sampling method was used to select 40 participants with low professional competency scores, who were then randomly assigned to experimental ($n = 20$) and control ($n = 20$) groups.

The intervention involved a software-based flipped learning program conducted over a defined instructional period. Participants in the experimental group engaged in pre-class activities using mathematics software to explore instructional



content, while in-class sessions were devoted to discussion, problem-solving, and collaborative learning. The control group received conventional instruction without flipped or software integration.

Data were collected using the Teacher Professional Competencies Questionnaire developed by Karimi (2009), encompassing subscales measuring educational, professional development, managerial, technological, and teaching competencies. Normality of data distribution was assessed using the Kolmogorov-Smirnov test. For data analysis, repeated measures ANOVA and Bonferroni post hoc tests were conducted using SPSS-26 software to evaluate the effectiveness and sustainability of the intervention across pretest, posttest, and follow-up stages.

Findings

The results of the first hypothesis indicated that flipped learning had a significant effect on educational competency. The experimental group's mean score increased from $M = 45.55$ (pretest) to $M = 57.55$ (posttest), with the gain sustained at $M = 57.30$ (follow-up). The repeated measures ANOVA confirmed a statistically significant effect ($F = 22.71, p < .01$), and Bonferroni tests revealed significant differences between pretest and both posttest and follow-up stages ($p < .01$), with no significant difference between posttest and follow-up.

For the second hypothesis concerning professional development competency, the control group's scores remained stable, whereas the experimental group's mean increased from $M = 21.10$ (pretest) to $M = 26.65$ (posttest) and remained at $M = 26.30$ (follow-up). ANOVA results indicated a significant effect ($F = 20.05, p < .01$), with Bonferroni tests confirming significant differences between pretest and subsequent stages ($p < .01$), but not between posttest and follow-up.

Regarding managerial competency, the experimental group's scores rose from $M = 21.90$ (pretest) to $M = 23.95$ (posttest), remaining at $M = 23.75$ (follow-up). The ANOVA results revealed a significant effect ($F = 6.39, p < .01$), and post hoc analysis confirmed the significance of changes from pretest to both posttest and follow-up stages ($p < .01$), with no significant difference between the latter stages.

Technological competency also improved markedly in the experimental group, with mean scores increasing from $M = 15.30$ (pretest) to $M = 19.95$ (posttest) and remaining stable at $M = 19.75$ (follow-up). ANOVA results showed a highly significant effect ($F = 173.55, p < .01$), and Bonferroni tests supported significant differences between pretest and both subsequent stages ($p < .01$), but not between posttest and follow-up.

Finally, for teaching competency, the experimental group showed an improvement from $M = 12.05$ (pretest) to $M = 18.40$ (posttest), with the score maintained at $M = 18.25$ (follow-up). The repeated measures ANOVA yielded a significant result ($F = 6.45, p < .01$), and Bonferroni results indicated significant differences between pretest and both posttest and follow-up ($p < .01$), but no difference between posttest and follow-up.

Discussion and Conclusion

The results of this study provide compelling evidence for the efficacy of software-based flipped learning in enhancing the professional competencies of student teachers in mathematics education. The intervention significantly improved educational, professional, managerial, technological, and teaching competencies, with most effects sustained over time. These findings suggest that integrating mathematics software into a flipped learning model creates a rich, interactive learning environment that supports the acquisition and retention of key professional skills.

The improvement in educational competency highlights the potential of this model to deepen student teachers' understanding and engagement with content. By allowing pre-class exploration, the approach maximized in-class time for application and interaction, fostering deeper learning and instructional preparedness. The gains in professional development

and managerial competencies demonstrate the model's capacity to build self-directed learning, organizational skills, and reflective practices crucial for effective teaching.

The significant increase in technological competency underscores the relevance of digital literacy in modern teacher education. Engaging with mathematics software not only familiarized student teachers with digital tools but also encouraged the integration of technology into pedagogical practices. This aligns with contemporary expectations for tech-savvy educators capable of leveraging digital resources to enhance instruction.

Teaching competency, as one of the most critical indicators of professional readiness, also benefited from the intervention. The flipped classroom structure enabled student teachers to actively engage with teaching strategies, receive immediate feedback, and apply their knowledge in practice-based settings. The sustained improvements observed at follow-up suggest that the skills acquired through this model were internalized and retained, marking a shift from passive learning to active professional formation.

Collectively, these outcomes advocate for broader adoption of flipped learning strategies in teacher training programs, particularly those incorporating discipline-specific software tools. The model's capacity to support comprehensive competency development makes it a valuable framework for preparing effective and adaptive educators. The research also highlights the importance of continuous innovation in pedagogical practices to meet the evolving demands of teacher education in the 21st century.

References

- Abdollahi, M., Darbani, S. A., & Parsakia, K. (2022). Structural equations the effect of logical-critical thinking style with academic achievement with the mediating role of action control in high school students [Original Research]. *Journal of Assessment and Research in Applied Counseling*, 4(3), 64-78. <https://doi.org/10.52547/jarac.4.4.64>
- Abdu, A., Zhai, Z., Algabri, R., Abdo, H. A., Hamad, K., & Al-antari, M. A. (2022). Deep Learning-Based Software Defect Prediction via Semantic Key Features of Source Code-Systematic Survey. *Mathematics*, 10(17), 3120. <https://doi.org/10.3390/math10173120>
- Ahmadi Pour, M., Hashemi, S. A., Ranjbar, M., & Behrooz, M. (2021). Examining the Professional Competencies Pattern of Student Teachers at Farhangian University in Bushehr Province. *Jundishapur Journal of Educational Development*, 12, 294-304. https://edj.ajums.ac.ir/article_138870.html?lang=en
- Alipour, M., & Alipour, M. (2022). Exploring the Outcomes of Virtual Flipped Learning from the Perspective of Student Teachers at Farhangian University. *Specialized Scientific Quarterly of Research in Social Studies Education*, 4(2), 95-110. https://alborzmag.cfu.ac.ir/article_2345.html?lang=en
- Alonso, R. K. (2023). Flipped Learning in Higher Education for the Development of Intrinsic Motivation: A Systematic Review. *Education Sciences*, 13(12), 1226. <https://doi.org/10.3390/educsci13121226>
- Amani, M. (2022). *Investigating Teachers' Professional Competence Based on Cognitive Abilities and Successful Intelligence in Elementary School Teachers in Tehran* Payame Noor University, Tehran Province].
- Amini Far, E., Saleh Sadeghpour, B., & Vali Nejad Torkamani, F. (2011). The Role of Mathematics Technology. *Educational Technology Journal*, 5(3), 160-166. https://jte.sru.ac.ir/article_234.html
- Dadgar, A., Bagheri, I., & Salmani, N. (2020). The Impact of Flipped Learning on Self-Directed Learning Readiness of Nursing Students. *Journal of Medical Education Strategies*, 13(4), 287-294. <https://edcbmj.ir/article-1-2549-en.html>
- Dinarvand, A., & Golzari, Z. (2019). The Impact of Flipped Teaching Method on Teachers' Professional Attitude and Self-Efficacy. *Educational Technology Journal*, 14(1), 145-156. https://jte.sru.ac.ir/article_972.html?lang=en
- Dutta, R., Mantri, A., Singh, G., & Singh, N. P. (2023). Measuring the Impact of Augmented Reality in Flipped Learning Mode on Critical Thinking, Learning Motivation, and Knowledge of Engineering Students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(6), 912-930. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10051-2>
- Ebadi, M., & Karami, Z. (2025). The impact of technology-based mathematics education on the development of pedagogical content knowledge (PCK) among elementary education student -teachers. *Interdisciplinary Studies in Education*, 3(4), 5-34. <https://doi.org/10.22034/ISE.2025.17935.1163>
- Ebadi, M., Seraji, F., & Bakhtiari, A. (2023). Competencies in Teaching Math with an IT-Based Approach: A Comparison between Student-Teachers and Article 28 Trainees. *qjoe*, 38(4), 29-48.



- Eslami, M., Mahdavinassab, Y., Khoshneshin Langroodi, Z., & Modarresi Sarizdi, A. (2023). The Impact of Gamification in Flipped Learning on Critical Thinking of Child Education Students at Yazd Technical and Vocational College. *Educational Psychology Studies*, 51, 2-18. https://jep.s.usb.ac.ir/article_8069.html
- Faramarzi Babadi, S., Eskandari Asl, H. A., Dolatyari, F., & Alipoor, H. (2024). Limitations of English Language Learning in Universities of Chaharmahal and Bakhtiari Province and Strategies to Overcome Them [Research Article]. *Iranian Journal of Educational Sociology*, 7(1), 124-132. <https://doi.org/10.61838/kman.ijes.7.1.12>
- Gholami Pol Basreh, A., Mohammadi Naeeni, M., & Nateghi, F. (2022). Designing a formal and experienced curriculum model for the sixth grade elementary mathematics course. *Popularization of Science*, 13(1), 10-29. <https://doi.org/10.22034/popsci.2022.333718.1173>
- Gonzalez-Gomez, D., Jeong, J. S., & Cañada-Cañada, F. (2022). Enhancing science self-efficacy and attitudes of Pre-Service Teachers (PST) through a flipped classroom learning environment. *Interactive Learning Environments*, 30(5), 896-907. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696843>
- Hong, J. C., Jeou, S. H., Chan, L. L., & Lih, J. C. L. (2018). Competency disparity between pre-service teacher education and in-service teaching requirements in Taiwan. *International Journal of Educational Development*, 28(1), 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2006.12.004>
- Ishikawa, Y., Akahane-Yamada, R., Smith, C., Kondo, M., Tsubota, Y., & Dantsuji, M. (2023). An EFL flipped learning course design: utilizing students' mobile online devices. Critical CALL-Proceedings of the 2023 EUROCALL Conference, Padova, Italy. <https://doi.org/10.14705/rpnet.2015.000343>
- Jafari, M., Habibzadeh, A., & Tanha, Z. (2023). The Impact of Flipped Learning on English Self-Efficacy Components in Tenth Grade Students. *Educational Technology Scientific Journal*, 17(4), 729-742. https://jte.sru.ac.ir/article_1958.html
- Karami, M., & Salehi, M. (2023). *Competency-Based Management Development*. Aijeh Publishing.
- Kaviani, H., Liaghatdar, M. J., Zamani, B. E., & Abedini, Y. (2018). Curriculum Planning Model in the Flipped Classroom: A Synthesis of Research Methods. *Biannual Journal of Curriculum Theory and Practice*, 6(11), 203-271. https://cstp.khu.ac.ir/browse.php?a_id=2788&sid=1&slc_lang=en
- Khoshnoud, H., Bakhtiarpour, S., Bavi, S., & Pasha, R. (2021). Comparing the Effectiveness of Flipped Classroom and Social Network-Based Classroom on Creativity and Self-Directed Learning of Male Art School Students in Abdanan County. *Scientific Journal of Innovation in Humanities*, 11(2), 1-40. <https://www.sid.ir/paper/1032695/fa>
- Krishnian, M. B., Por, F. P., Prasath, M. R., Goyal, S. B., Verma, C., & Singh, P. K. (2024). Exploring the Impact of a 5E-Flipped Learning Environment on Students' Learning Motivation: A Case Study of Medical Assistant Education. In *Data Science and Artificial Intelligence for Digital Healthcare: Communications Technologies for Epidemic Models* (pp. 213-236). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56818-3_13
- Little, C. (2015). The flipped classroom in further education: literature review and case study. *Research in Post-Compulsory Education*, 20(3), 265-279. <https://doi.org/10.1080/13596748.2015.1063260>
- Liu, J., & Bray, M. (2020). Private Subtractor Tutoring: The Negative Impact of Shadow Education on Public Schooling in Myanmar. *International Journal of Educational Development*, 76, 30-22. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102213>
- Lo, C. K., & Hew, K. F. (2020). A comparison of flipped learning with gamification, traditional learning, and online independent study: the effects on students' mathematics achievement and cognitive engagement. *Interactive Learning Environments*, 28(4), 464-481. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2018.1541910>
- Mirzaei Matin, K., Moradi Mokhles, H., Salehi, V., & Mirzaei Far, D. (2020). The Effectiveness of the Flipped Classroom on Motivational Strategies for Learning Physics Concepts. *Educational Psychology Quarterly, Allameh Tabataba'i University*, 16(58), 189-216. https://jep.atu.ac.ir/article_12820.html?lang=en
- Najafabadi, M. (2021). *The Effectiveness of Flipped Learning Along with Gamification on Students' Attitude Towards the Course, Social Skills, and Learning University of Arak*.
- Nikkho Koraim, L. (2018). *The Impact of Flipped Learning on Mathematics Learning Levels and Social Interaction Among Fifth Grade Elementary Students Allameh Tabataba'i University*.
- Parsakia, K., Darbani, S. A., Rostami, M., & Saadati, N. (2022). The Effectiveness of Strength-Based Education on the Academic Performance of Students. *Adolescent and Youth Psychological Studies*, 3(3), 194-201. <https://doi.org/10.61838/kman.jayps.3.3.16>
- Piri, M., Sahebyar, H., & Saadollahi, A. (2018). The Impact of Flipped Classroom on Self-Directed Learning in English Lessons. *Scientific-Research Journal of Educational Technology*, 12(3), 229-236. <https://www.sid.ir/paper/155511/en>
- Pourpasha, F., & Kord, B. (2022). The Role of Flipped Learning in the Shad Virtual Learning Environment on Surface and Deep Learning of Mathematics in Sixth Grade Female Students in Miandoab. *Journal of Modern Advances in Psychology, Educational Sciences, and Education*, 5(52), 85-95. <https://en.civilica.com/doc/1670621/>
- Rahbar, A. H. (2020). *Designing a Model of Factors Affecting the Effectiveness of Student Teachers' Internship Course in Elementary Education Shahid Mofatteh Campus, Rey City*.
- Rutkowski, J., & Moscinska, K. (2015). Self-Directed Learning and Flip Teaching, Electric Circuit Theory Case Study. *University of Technology (SUT)*. <https://www.sefi.be/wp-content/uploads/2017/10/93.pdf>
- Salehi Sadeghiani, J., & Gharai Pour, R. (2011). Evaluating Managers' Competencies Using the 360-Degree Feedback Method. *Industrial Management Quarterly*, 9, 74-91. https://jims.atu.ac.ir/article_4384.html?lang=en

- Samavi, S. A., Javidi, H., Kazemi, S., & Baghooli, H. (2020). Comparing the Effectiveness of Flipped Learning and Cooperative Learning on Academic Achievement, Academic Self-Regulation, and Academic Engagement of Sixth Grade Elementary Students in Lamerd County. *Journal of Psychological Methods and Models*, 11(42), 48-58. https://jpmm.marvdasht.iau.ir/article_4580.html?lang=en
- Sepahvand, F. (2021). *The Impact of Flipped Teaching Using Multimedia Tools in Arabic Lessons on the Learning Level of Tenth and Eleventh Grade High School Students at Sadr School Lorestan University*.
- Steen-Utheim, A. T., & Foldnes, N. (2018). A qualitative investigation of student engagement in a flipped classroom. *Teaching in Higher Education*, 23(3), 307-324. <https://doi.org/10.1080/13562517.2017.1379481>
- Sun, J. C. Y., Wu, Y. T., & Lee, W. I. (2017). The effect of the flipped classroom approach to Open Course Ware instruction on students' self-regulation. *British Journal of Educational Technology*, 48(3), 713-729. <https://doi.org/10.1111/bjet.12444>
- Travis, R. (2024). Student perceptions toward flipped learning: new methods to increase interaction and active learning in economics. https://www.researchgate.net/publication/265415856_Student_Perceptions_toward_Flipped_Learning_New_Methods_to_Increase_Interaction_and_Active_Learning_in_Economics
- Yaghoubi, S. (2022). *Investigating the Effect of Flipped Learning on the Level of Learning in Eighth Grade Middle School Students in Science Kharazmi University of Tehran*.

