

Beyond Flashcards: The Impact of Augmented Reality-Based Applications on Improving Third-Grade Elementary Students' Performance in Learning the Multiplication Concept

Fereshteh Fathi (MA), Technical and Engineering Group, Refah University College, Tehran, Iran.

Email: f.fathi.m.akkaf@gmail.com

Mahdieh Ajdadi (MA), Instructor and Research Advisor, Department of Mathematics, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Email: mahdieh_ajdadi@sru.ac.ir

Mohammad Javad Eslampoor (pHD), Assistant professor, Department of Mathematics, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)

Email: mjeslampoor@sru.ac.ir

Abstract

Recent advancements in interactive technologies, particularly augmented reality (AR), have established the foundation for a fundamental transformation in educational environments and pedagogical practices. By merging digital visual elements with the physical world, AR fosters multisensory and interactive learning experiences, thereby enhancing the comprehension of abstract mathematical concepts. This study aimed to investigate the impact of AR-based educational software on improving the learning of multiplication among third-grade elementary students. In terms of purpose, the research is applied, and methodologically, it employs a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group. The statistical population included all third-grade students in District 12 of Tehran during the 2023–2024 academic year. A sample of 34 female students from a private school was selected through purposive sampling. The research instruments consisted of two researcher-constructed mathematics tests. The face and content validity of the tests were verified by experts, and their reliability was confirmed using Cronbach's alpha, yielding coefficients of 0.85 for the pretest and 0.74 for the posttest. The experimental group learned the multiplication unit over several sessions using the "Augmented Reality Multiplication" application and the "GeoGebra AR" program, while the control group received instruction via conventional methods. Data were analyzed using descriptive statistics and analysis of covariance (ANCOVA). The findings revealed that the implementation of augmented reality significantly improved learning outcomes. Consequently, this technology can be utilized as an effective pedagogical tool and instructional strategy to facilitate the learning of mathematical concepts and enhance the quality of primary education.

Keywords: Augmented Reality, Educational Applications, Multiplication Instruction, Interactive Learning, Mathematics Achievement.

فراتر از فلش کارتها: تأثیر نرم افزارهای کاربردی با تأکید بر واقعیت افزوده بر بهبود عملکرد دانش آموزان پایه سوم ابتدایی در یادگیری مفهوم ضرب

فرشته فتحی^۱، مهدیه اجدادی^۲، محمد جواد اسلام پور^{۳*}

۱- کارشناسی ارشد آموزش ریاضی، گروه فنی و مهندسی، دانشکده غیر دولتی _ غیرانتفاعی رفاه، تهران، ایران.

Email: f.fathi.m.akkaf@gmail.com

۲- مدرس و مشاور پژوهشی، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

Email: mahdieh_ajdadi@sru.ac.ir

*۳- استادیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

Email: mjeslampoor@sru.ac.ir

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۲

چکیده

پیشرفت‌های اخیر در حوزه فناوری‌های تعاملی، به‌ویژه واقعیت افزوده، زمینه‌ساز تحول اساسی در محیط‌های یادگیری و شیوه‌های تدریس شده است. واقعیت افزوده با تلفیق عناصر بصری دیجیتال و فضای واقعی، امکان تجربه یادگیری چندحسی و تعاملی را فراهم می‌کند و از این طریق می‌تواند ظرفیت درک مفاهیم انتزاعی ریاضی را افزایش دهد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نرم افزارهای آموزشی مبتنی بر فناوری واقعیت افزوده بر بهبود یادگیری مفهوم ضرب در دانش آموزان پایه سوم ابتدایی انجام گرفت. این پژوهش از حیث هدف، کاربردی و از نظر روش، شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل و آزمایش است. جامعه آماری پژوهش دانش آموزان پایه سوم ابتدایی منطقه ۱۲ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ است که از میان آنان تعداد ۳۴ نفر از دانش آموزان دختر یکی از مدارس غیردولتی با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. ابزار پژوهش، دو آزمون محقق‌ساخته ریاضی بود که روایی صوری- محتوایی آن‌ها توسط متخصصان تأیید و پایایی آن‌ها با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ برای پیش‌آزمون (۰/۸۵) و پس‌آزمون (۰/۷۴) تأمین گردید. گروه آزمایش طی چند جلسه مباحث فصل «ضرب» را با استفاده از نرم افزار «ضرب واقعیت افزوده» و برنامه «GeoGebra AR» فراگرفت، هم‌زمان گروه کنترل آموزش را به شیوه متداول دریافت نمود. داده‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و تحلیل کوواریانس مورد پردازش قرارگرفت. یافته‌ها نشان داد به‌کارگیری واقعیت افزوده به‌طور معناداری منجر به بهبود یادگیری شده است. بنابراین، می‌توان از این فناوری به‌عنوان یک ابزار پداگوژیک و راهبرد آموزشی مؤثر برای تسهیل یادگیری مفاهیم ریاضی و ارتقای کیفیت آموزش در دوره ابتدایی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: واقعیت افزوده، نرم افزارهای کاربردی، آموزش ضرب، یادگیری تعاملی، پیشرفت تحصیلی ریاضی .

مقدمه

دانش‌آموزان امروزی در فضایی آکنده از فناوری‌های دیجیتال رشد کرده‌اند و به طور طبیعی با این ابزارها تعامل دارند. بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته در آموزش، فرایند یاددهی-یادگیری را عمیق‌تر، سریع‌تر، دانش‌آموزمحورتر و معنادارتر می‌سازد (لمپروپولوس^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). افزون بر این، استفاده درست از فناوری آموزشی و وسایل کمک‌آموزشی، به ملموس شدن مفاهیم، تثبیت مطالب در ذهن، پایداری یادگیری و افزایش انگیزه دانش‌آموزان کمک می‌کند (ذوالقدرنسب و همکاران، ۱۳۹۴). در سال‌های اخیر، نرم‌افزارهای آموزشی با تکیه بر فناوری‌های نوظهور پیشرفت قابل‌توجهی داشته و تجربه کاربری را بهبود بخشیده‌اند. یکی از این فناوری‌ها، واقعیت افزوده^۲ است که به تلفیق بی‌درنگ عناصر مجازی با دنیای واقعی گفته می‌شود؛ به گونه‌ای که از دید کاربر، این عناصر به طور طبیعی در محیط واقعی حاضر به نظر می‌رسند (خان^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). عامل اصلی گسترش این فناوری، پیشرفت‌های سخت‌افزاری و توسعه‌ی برنامه‌های کاربردی^۴ آن در تلفن‌های همراه می‌باشد. از این رو، واقعیت افزوده به‌ویژه در آموزش و پرورش کاربرد گسترده‌ای یافته و به عنوان ابزاری مؤثر، با تحول در روش‌های سنتی و ایجاد محیط‌های یادگیری تعاملی، یادگیری را برای سبک‌های مختلف، شخصی‌سازی کرده و با افزایش جذابیت، موجب بهبود انگیزه و بازده آموزشی می‌شود (شوتر^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). ریاضیات به عنوان یکی از ارکان بنیادین نظام آموزشی با چالش‌های فراگیر دانش‌آموزان در درک مفاهیم و کاربرد عملی آن، به‌عنوان یک معضل آموزشی مستمر در تمام سطوح تحصیلی همراه است (سلیمان‌نژاد و حسینی‌نسب، ۱۳۹۱). تجهیز محیط‌های آموزشی به ابزارهای تعاملی، یکی از راهبردهای اصلی نظام‌های آموزشی برای تحقق یادگیری شخصی‌سازی‌شده و افزایش مشارکت فعال دانش‌آموزان است (بزرگیان، ۱۴۰۲). بر همین اساس، پژوهشگران به‌طور مستمر به دنبال راهکارها و فناوری‌های جدیدی بوده‌اند تا مشکلات یادگیری و بدفهمی‌های ریاضی را کاهش دهند و تمرین‌های یکنواخت و تکراری را به فعالیت‌هایی جذاب و تعاملی بدل سازند (رستگارپور و حسینی، ۱۳۹۴).

شورای ملی معلمان ریاضی^۶ در سند جامع “اصول و استانداردهای ریاضیات مدرسه‌ای” بر اهمیت برخورداری دانش‌آموزان از یادگیری ریاضی ارزشمند تحت راهنمایی معلمان کارآمد تأکید کرده است. این سند بیان می‌دارد که با بهره‌گیری از بازنمایی‌های متنوع، فناوری و نرم‌افزارهای پیشرفته، می‌توان ارتباط بین علوم پایه و علوم اجتماعی را تقویت و در نتیجه توانایی ریاضی دانش‌آموزان را ارتقا بخشید (NCTM، ۲۰۰۰). پیشرفت تحصیلی همواره یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی عملکرد دانش‌آموزان و معلمان بوده و برای دانش‌آموزان، این مقوله معمولاً نشان‌دهنده توانایی‌های علمی برای ورود به کار و مقاطع بالاتر است؛ به همین دلیل پژوهشگران تربیتی برای شناسایی عوامل مؤثر بر آن، تحقیقات زیادی انجام داده‌اند (درتاج و همکاران، ۱۳۹۲). در این زمینه پژوهشگرانی مانند مالک و رضوی^۷ (۲۰۱۸) نشان داده‌اند که مشارکت دانش‌آموزان مهم‌ترین عامل مرتبط با پیشرفت تحصیلی در ریاضی است بنابراین، روش‌های تدریس مشارکتی و همکاری‌محور می‌توانند پیشرفت دانش‌آموزان را در ریاضی افزایش دهند. یادگیری تعاملی^۸، رویکردی آموزشی بر پایه نظریه‌های یادگیری فعال و اجتماعی است که پژوهشگران کلاسیک مانند دیویی^۹، پیاز^{۱۰} و ویگوتسکی^{۱۱} آن را مطرح کرده‌اند. در این رویکرد یادگیری فرآیندی تعاملی است که بر بستر ارتباط با معلم، هم‌کلاسی‌ها و محتوای آموزشی شکل می‌گیرد و یادگیرنده نقشی فعال در آن ایفا می‌کند. همچنین به جای حفظ طوطی‌وار مطالب، بر درک عمیق، مشارکت فعال، تجربه‌محوری و گفت‌وگو تأکید دارد (کوستوفسکا و سویدنیوک^{۱۲}، ۲۰۱۶). پژوهش‌ها نشان می‌دهد یادگیری

¹. Lampropoulos
². Augmented Reality (AR)
³. Khan
⁴. Application
⁵. Schutera

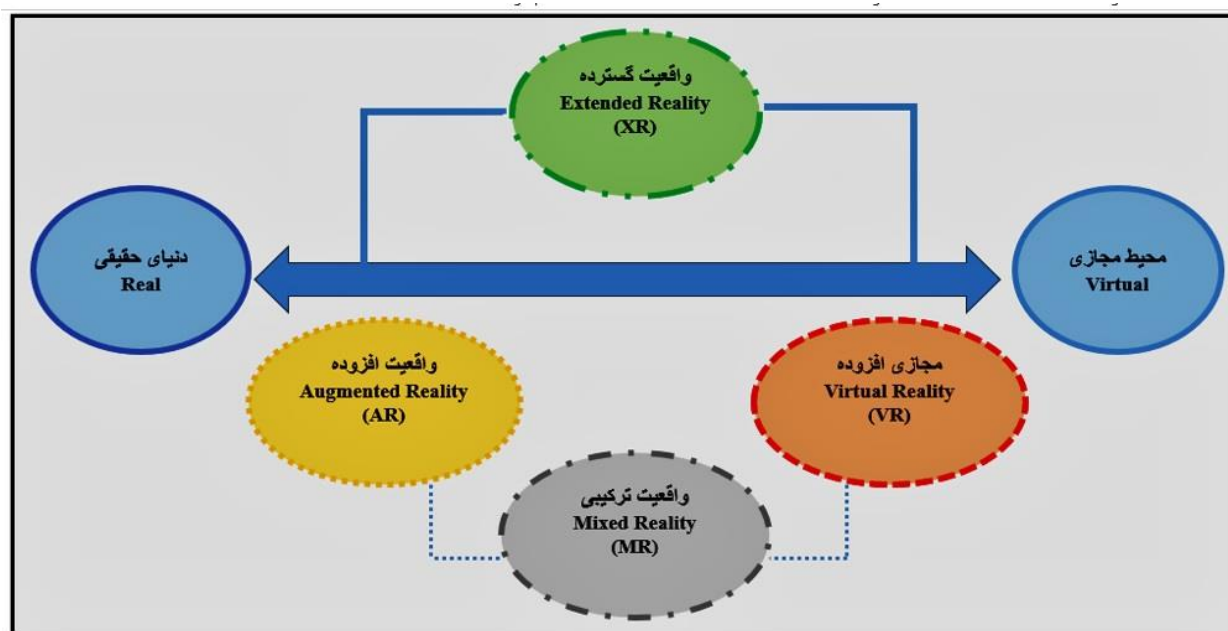
⁶. National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)
⁷. Malik & Rizvi

⁸. Interactive Learning
⁹. Dewey
¹⁰. Piaget
¹¹. Vygotsky

¹². Kustovska & Svidenyuk

تعاملی با فراهم کردن مشارکت، بازخورد فوری و یادگیری چندحسی باعث بهبود انگیزه، مشارکت، درک مفاهیم، تفکر منطقی، حل مسئله، خلاقیت و تثبیت یادگیری می‌شود (هتماننکو^{۱۳}، ۲۰۲۴). در دهه‌های اخیر، فناوری‌های آموزشی مانند نرم‌افزارهای تعاملی، تخته هوشمند، بازی‌های آموزشی، AR و واقعیت مجازی^{۱۴} اجرای یادگیری تعاملی را در کلاس ممکن کرده‌اند. بنابراین به کارگیری این روش‌ها در آموزش ریاضیات ابتدایی، راهکاری اثربخش برای افزایش مشارکت، تعمیق یادگیری و تقویت انگیزه دانش‌آموزان محسوب می‌شود (ولیوتی^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۳). یادگیری سازنده‌گرایی برونر^{۱۶} و ویگوتسکی نیز که در آموزش ریاضیات جایگاه ویژه‌ای دارد، بیان می‌دارد فراگیران چگونه یاد می‌گیرند، مسئله حل می‌کنند و چگونه جهان پیرامون خود را درک می‌کنند. بنابراین دانش‌آموز مفاهیم را منفعلانه دریافت نمی‌کند بلکه با مشارکت فعال آن‌ها را می‌سازد و یاد می‌گیرد (شیخ زاده و مهر محمدی، ۱۳۸۳). در همین راستا نرم‌افزارهای مبتنی بر سازنده‌گرایی دانش‌آموزان را با تجارب و فعالیت‌های دارای اهداف باز درگیر می‌کنند و فرصت اختراع و اکتشاف دوباره مفاهیم و ادراک بسیار پیچیده و عمیق را فراهم می‌سازند (نیدرهاوزر و استودارت^{۱۷}، ۲۰۰۱). با توجه به این که فناوری واقعیت افزوده در آموزش با افزایش درک و تعامل بین دانش‌آموزان سبب مشارکت و یادگیری فعال در کلاس می‌شود، نرم‌افزارهای مبتنی بر این فناوری را می‌توان در زمره ابزارهای سازنده‌گرا قرار داد.

ورود فناوری واقعیت افزوده به آموزش ریاضی و انواع برنامه‌های کاربردی آن به دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی باز می‌گردد. مورتون هیلگ را می‌توان پدر واقعیت افزوده و واقعیت مجازی دانست. پیوستگی دنیای واقعی و مجازی توسط میلگرام و کیشینو^{۱۸} (۱۹۹۴) در تصویر ۱ نشان داده شده است.



تصویر ۱: پیوستار واقعیت- مجازی (VR) (میلگرام و کیشینو، ۱۹۹۰) با اضافه شدن بخش (XR)

¹³ . Hetmanenko

¹⁴.Virtual Reality(VR)

¹⁵ . Volioti

¹⁶ .Bruner

¹⁷ . Niederhauser &
Stoddart

¹⁸ .Milgram &
Kishino

یک سیستم واقعیت افزوده متشکل از سه بخش اصلی دریافت اطلاعات واقعی با سنسورها (مثل صدا، ویدئو و تصاویر)، پردازش و تحلیل داده‌ها برای تولید محتوای لازم، نمایش داده‌های پردازش‌شده به کاربر در محیط واقعی است (زانگ^{۱۹}، ۲۰۲۲). از آن‌جا که تلفن‌های هوشمند هر سه بخش فوق را در خود جای داده‌اند، به عنوان ابزاری مناسب برای اجرای برنامه‌های AR شناخته می‌شوند. برنامه‌های کاربردی واقعیت افزوده را می‌توان بر دو دسته بندی کلی مبتنی بر نشانگر و بدون نشانگر تقسیم بندی کرد. در روش مبتنی بر نشانگر، سیستم با شناسایی یک نشانگر از پیش تعریف‌شده مثل QR، تصویر یا شیء دوبعدی/سه‌بعدی، عناصر مجازی را به آن متصل می‌کند و این کار معمولاً با یک الگوی چاپی سیاه و سفید انجام می‌شود. در روش بدون نشانگر، نیازی به نشانگر فیزیکی نیست و اشیای مجازی به‌طور مستقیم روی سطوح مناسب در دنیای واقعی قرار می‌گیرند و با محیط ادغام می‌شوند (توماشکو و هوهن‌وارتر^{۲۰}، ۲۰۱۹). در سال ۲۰۰۲ بیلینگ هرست^{۲۱} واقعیت افزوده را با طراحی کتاب‌های جادویی^{۲۲} در آموزش مطرح کرد، در همین سال کافمن و اشمالستگ^{۲۳} یک ابزار ساخت هندسه سه بعدی^{۲۴} بر مبنای واقعیت افزوده را برای آموزش مفاهیم ریاضی و هندسی طراحی کردند. نتایج اجرای این ابزار در کلاس درس نشان داد که این فناوری درک هندسی را آسان‌تر، مهارت فضایی را تقویت و یادگیری را بهبود می‌بخشد. می‌توان گفت از این زمان پژوهش‌ها در مورد واقعیت افزوده و آموزش ریاضی آغاز شد و گسترش روز افزون یافت.

جبر به عنوان یکی از ارکان اصلی برنامه درسی ریاضی مدرسه‌ای است و برخی صاحب نظران، تفکر جبری را کلیدی برای ورود به تحصیلات بالاتر و بهره‌مندی از فرصت‌های برتر در جامعه و بازار فناوری می‌دانند (پیترو و اولایوه^{۲۵}، ۲۰۱۳). در برنامه‌ی درسی ملی جمهوری اسلامی ایران نیز جبر و نمایش نمادین آن (الگوها، رابطه‌ها و تابع‌ها) به عنوان دسته‌ای قابل توجه از مفاهیم حوزه ریاضیات بیان شده است (سند برنامه‌ی درسی ملی، ۱۳۹۱، ص. ۳۴). در دوره ابتدایی، به‌ویژه پایه سوم، درک روابط میان مفاهیم حساب از اهمیت بالایی برخوردار است. تسلط بر ضرب، به عنوان دانشی کلیدی اما پیچیده، نیازمند درک عمیق روابط بین اعداد و عملیات ریاضی است. با این حال، به دلیل پیچیدگی و اتکا به حافظه، یادگیری ضرب در این پایه، دغدغه اصلی دانش‌آموزان، معلمان و والدین محسوب می‌شود (رستگارپور و حسینی، ۱۳۹۴). یکی از ابزارهای ساده، کاربردی و متداول برای تمرین ضرب در مقطع ابتدایی فلش‌کارت‌ها هستند. این ابزار به دلیل سهولت استفاده، قابلیت تکرار بالا و امکان ارائه‌ی بازخورد فوری، سال‌هاست که در آموزش مهارت‌های پایه‌ی ریاضی به کار می‌رود (دورا^{۲۶}، ۲۰۲۵). با این حال، برخی پژوهشگران مانند کانوتو پرنراد^{۲۷} (۲۰۲۰) استدلال می‌کنند که مفهوم‌سازی دقیق عملیات ضرب، پیش‌نیاز اجتناب‌ناپذیر تسلط بر این حوزه است. از دیدگاه وی، آموزش مبتنی بر حفظ نتایج، بدون درک زیربنایی از ماهیت تکراری و مدل‌های ساختاری (نظیر گروه‌های مساوی و بازنمایی‌های بصری)، نمی‌تواند منجر به یادگیری عمیق در ریاضیات گردد. برخی دانش‌آموزان در حفظ و یادآوری سریع ضرب مشکل دارند؛ بنابراین با استفاده از روش‌های چندحسی و نوآورانه می‌توان یادگیری را ساده‌تر، جذاب‌تر و ماندگارتر کرد (بهادیر^{۲۸}، ۲۰۱۷). از رویکردهای مؤثر در این زمینه ادغام عناصر سرگرمی در آموزش است، که در این میان، برنامه‌های واقعیت افزوده با قابلیت‌های ویژه خود می‌توانند نقش مهمی ایفا کنند (ربولو^{۲۹} و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین استفاده از بازی‌ها و شبیه‌سازی‌های آموزشی، علاوه بر افزایش علاقه، موجب عمق و پایداری یادگیری می‌شود (فروزان‌فر و همکاران، ۱۴۰۲).

پژوهش‌های متعددی در سال‌های اخیر بخصوص در خارج از کشور در زمینه استفاده از فناوری AR در آموزش ریاضی در مباحث مختلف صورت گرفته است، در ایران نیز تا حدودی به این مقوله پرداخته شده که از آن جمله می‌توان به پژوهش معیری (۱۴۰۱)،

19. Zhang

20. Tomaschko & Hohenwarter

21. Billinghurst

22. Magic Book

23. Kaufmann & Schmalstieg

24. Construct3D

25. Peter & Olaoye

26. De Vera

27. Canuto-Penrad

28. Bahadır

29. Rebolu

اشاره کرد که نشان داد؛ آموزش مبتنی بر واقعیت افزوده باعث افزایش درک، سرعت یادگیری، انگیزه و تلاش دانشجو-معلم می‌شود و می‌تواند ابزاری مؤثر برای کارآمدسازی آموزش ریاضی و پاسخ‌گویی به نیازهای معلمان آینده باشد. بادل و همکاران (۱۴۰۰)، نیز دریافتند که آموزش مبتنی بر بارشناختی و واقعیت افزوده بر یادداری دانش‌آموزان تأثیر مثبت و معناداری دارد و سبب افزایش یادداری دانش‌آموزان می‌شود. همچنین پژوهش پورقاز و همکاران (۱۳۹۹) مؤید آن بود که آموزش مبتنی بر واقعیت افزوده با ترکیب متن، تصویر و سایر اطلاعات در محیط واقعی، موجب افزایش تسلط بر محتوا، تقویت انگیزه، تمرکز و کنترل یادگیری دانش‌آموزان می‌شود و با ایجاد فضایی هیجان‌انگیز، یادگیری را بهبود بخشیده و اضطراب نسبت به درس ریاضی را کاهش می‌دهد. سولیانتو^{۳۰} و همکاران (۲۰۲۵) در کشور اندونزی، پژوهش توسعه کتاب‌های درسی ریاضیات مبتنی بر واقعیت افزوده برای تقویت مهارت‌های تفکر انتقادی و خلاق برای پایه دوم ابتدایی را انجام داده و یافته‌ها نشان داد استفاده از کتاب ریاضی با واقعیت افزوده در مقایسه با روش سنتی، منجر به افزایش تفکر انتقادی و خلاقیت دانش‌آموزان در یادگیری ریاضیات شده و از توسعه مهارت‌های شناختی و مشارکت آن‌ها حمایت می‌کند. نتایج پژوهش لیتنیاسری^{۳۱} و همکاران (۲۰۲۴) در زمینه تأثیر رسانه واقعیت افزوده بر نتایج یادگیری ریاضی دانش‌آموزان دبستان بیان می‌کند که استفاده از واقعیت افزوده منجر به افزایش درک مفهومی دانش‌آموزان دبستانی از درس ریاضی شده و تأثیر معناداری بر یادگیری آن‌ها دارد. محمد^{۳۲} و همکاران (۲۰۲۳) نیز جهت بررسی علاقه‌مندی دانش‌آموزان به یادگیری ریاضیات با استفاده از واقعیت افزوده، نشان داده‌اند که استفاده از رسانه واقعیت افزوده برای آموزش ریاضیات می‌تواند علاقه دانش‌آموزان به یادگیری را به شکل قابل توجهی افزایش دهد و در نتیجه علاقه به یادگیری، آن‌ها را تشویق به تلاش بیشتر کرده و پیشرفت تحصیلی حاصل می‌شود.

ربولو و همکاران در سال ۲۰۲۲ بازی واقعیت افزوده‌ای برای یادگیری جداول ضرب در آموزش ریاضی طراحی کردند، نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از فناوری واقعیت افزوده به عنوان یک ابزار پشتیبان و سرگرم کننده موجب می‌شود، فرآیند خسته‌کننده یادگیری جدول ضرب برای کودکان لذت بخش‌تر و جذاب‌تر باشد و یادگیری را تا حد زیادی بهبود بخشیده، تعامل و مشارکت آن‌ها را افزایش دهد. در پژوهش دمیتریادو^{۳۳} و همکاران (۲۰۲۰) نیز ارزیابی تطبیقی واقعیت مجازی و واقعیت افزوده برای آموزش ریاضی در دوره ابتدایی بررسی و مشخص شد این دو فناوری، تعامل و علاقه دانش‌آموزان را افزایش داده و به یادگیری کارآمد و درک مفاهیم ریاضی کمک قابل توجهی می‌کند. در سال ۲۰۱۹ آندریا^{۳۴} و همکاران به طراحی یک کتاب درسی هندسه درمقطع ابتدایی با استفاده از فناوری واقعیت افزوده مبتنی بر نشانگر پرداخته و نشان دادند که فناوری واقعیت افزوده با بهبود یادگیری دانش‌آموزان، ابزاری صحیح و قابل دسترس برای تسلط بر مفاهیم هندسی در مدارس ابتدایی است و می‌تواند جایگزین ابزارهای مدل‌سازی سنتی معلم شود.

مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه کاربرد AR در آموزش ریاضی نشان می‌دهد که مطالعات خارجی متعددی اثربخشی این فناوری را تأیید کرده‌اند و تحقیقات جدید بر طراحی و اجرای برنامه‌های AR و سنجش تعامل کاربران با آن‌ها برای تسهیل یاددهی و یادگیری تمرکز دارند. با این حال، پژوهش‌های داخلی در این حوزه محدود بوده و به فرصت‌ها، چالش‌ها و جنبه‌های عملی آن کمتر پرداخته‌اند. در این راستا، با بررسی پژوهش‌های آموزشی درمی‌یابیم که علی‌رغم توانمندی بالای AR، کاربرد عملی آن در آموزش ریاضی دوره ابتدایی، به‌ویژه برای مبحث ضرب، محدود باقی مانده و شکاف قابل توجهی بین این توانایی بالقوه و پیاده‌سازی واقعی آن در کلاس‌های درس وجود دارد. با توجه به اهمیت یادگیری ضرب در پایه سوم و چالش‌های مرتبط با آن، مانند تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان و محدودیت زمان، نیاز مبرمی به روش‌های آموزشی نوین وجود دارد. این روش‌ها باید با رویکردهای چندحسی،

³⁰ .Sulianto

³¹ .Lintiasri

³² . Ilham Muhammad

³³ . Demitriadou

³⁴ .Andrea

یادگیری را تسهیل کرده، سختی آن را کاهش دهند و انگیزه دانش‌آموزان را برای تمرین و تکرار افزایش دهند. این شکاف تحقیقاتی و نیاز آموزشی، ضرورت انجام پژوهشی را برای ارزیابی اثربخشی واقعیت افزوده در یادگیری مفاهیم پایه ریاضی برجسته می‌سازد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر به‌کارگیری فناوری واقعیت افزوده بر بهبود عملکرد دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی در یادگیری مفهوم ضرب، به سنجش این فرضیه پرداخته است که «استفاده از واقعیت افزوده در آموزش موجب بهبود عملکرد دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی در یادگیری مفهوم ضرب می‌شود».

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف، یک مطالعه کاربردی است که به دنبال راهکارهای عملیاتی در محیط‌های آموزشی می‌باشد. از منظر کنترل متغیرها و نحوه مداخله، این پژوهش در زمره مطالعات شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل قرار دارد. انتخاب این طرح به دلیل محدودیت‌های محیطی و عدم امکان تخصیص کاملاً تصادفی افراد به گروه‌ها بوده که با جایگزینی آن با «گمارش تصادفی کلاس‌ها به گروه‌های مداخله و کنترل»، تهدیدهای روایی درونی به‌حداقل رسیده است.

نمونه آماری

نمونه این پژوهش به دلیل محدودیت‌های اجرایی ناشی از مداخلات فناورانه در محیط‌های آموزشی و لزوم دسترسی یکپارچه به زیرساخت‌های لازم (تلفن هوشمند)، به صورت در دسترس - هدفمند از بین دانش‌آموزان دختر پایه سوم ابتدایی منطقه ۱۲ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ انتخاب شد. در این مطالعه، هرچند نمونه‌گیری غیرتصادفی محدودیت‌هایی در تعمیم‌پذیری نتایج به کل جامعه آماری ایجاد می‌کند، اما طبق اصول طرح‌های شبه‌آزمایشی، گمارش تصادفی گروه‌ها باعث می‌شود که تفاوت‌های اولیه بین دو گروه به حداقل رسیده و تفاوت‌های مشاهده شده در پس‌آزمون، مستقیماً به مداخله نسبت داده شود. در این راستا، دو کلاس هم‌تراز از نظر سطح آموزشی، به‌صورت تصادفی در نقش گروه‌های آزمایش و کنترل قرار گرفتند. از آنجا که در پژوهش‌های آزمایشی حجم نمونه معمولاً بین ۱۰ تا ۲۰ نفر است (دلاور، ۱۳۹۳، ص. ۱۶۹)، حجم نمونه بر اساس استانداردهای متداول در پژوهش‌های شبه‌آزمایشی و ملاحظات اجرایی مداخلات کلاسی، ۳۴ نفر، با ۱۷ دانش‌آموز در هر کلاس تعیین گردید.

ابزار سنجش و روایی و پایایی

جهت ارزیابی عملکرد، دو آزمون محقق‌ساخته (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) طراحی شد. به‌منظور تضمین روایی محتوایی، فرآیند «اعتبارسنجی خبرگان» اجرا گردید و از نظرات چهار معلم با تجربه پایه سوم دبستان و سه تن از اساتید آموزش ریاضی استفاده شد؛ که طی آن، بازخوردهای دریافتی از متخصصان در این زمینه منجر به بازنگری در ساختار سوالات، افزایش پیچیدگی شناختی پرسش‌های پس‌آزمون برای پوشش تمامی اهداف یادگیری و حذف گزینه‌های ابهام برانگیز شد. محتوای سوالات پیش‌آزمون مقدمات ضرب (توانایی دسته بندی شکل‌ها، حل مسئله با الگویابی و جمع متوالی، کشف الگوها، شمارش چندتا چندتا، انجام جمع متوالی روی محور، انجام عملیات با ماشین ورودی-خروجی) را در بر می‌گرفت و پس‌آزمون شامل مفهوم و خاصیت‌های ضرب، جدول ضرب (درک حاصل ضرب اعداد در صفر و یک، حفظ جدول ضرب، حل مسئله به کمک ضرب، نشان دادن خاصیت جابه جایی ضرب روی محور، درک مفهوم ضرب و دسته‌های چندتایی، نوشتن تساوی ضرب برای شکل‌ها، درک ارتباط جمع و ضرب، درک خاصیت جابه‌جایی در ضرب، درک خاصیت پخش‌پذیری در ضرب) بود. همچنین پایایی آزمون‌ها از طریق اجرای آزمایشی بر روی گروهی مشابه شامل ۳۳ نفر بررسی شد. محاسبه ضریب آلفای کرونباخ برای پیش‌آزمون ۰/۸۵ و پس‌آزمون ۰/۷۴ حاکی از این است که آزمون‌ها از پایایی مناسب برخوردارند.

ابزارهای مداخله و فناوری‌های آموزشی

به منظور پیاده‌سازی مداخله آموزشی در گروه آزمایش، از دو بستر فناورانه مبتنی بر AR با رویکردهای متمایز استفاده شد:

۱. برنامه کاربردی ضرب واقعیت افزوده، مبتنی بر نشانگر:

این ابزار که به‌طور اختصاصی توسط تیم توسعه‌دهنده بومی^{۳۵} طراحی شده، با بهره‌گیری از تکنولوژی «واقعیت افزوده مبتنی بر نشانگر»، محیطی تعاملی برای آموزش مفاهیم ضرب و دسته‌بندی فراهم می‌کند. معماری این نرم‌افزار شامل سرفصل‌های آموزشی، محتوای چندرسانه‌ای (فیلم‌های آموزشی) و آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده در سطوح دشواری متفاوت است. مکانیسم عملکرد این اپلیکیشن بدین صورت است که با فعال‌سازی بخش AR و شناسایی نشانگرهای اختصاصی توسط دوربین موبایل، مدل‌های سه‌بعدی و محتوای آموزشی به‌صورت «لایه بصری» بر روی بستر فیزیکی (صفحه هوشمند) بازنمایی می‌شوند که این امر باعث ادغام فضای فیزیکی کلاس با محتوای آموزشی دیجیتال می‌گردد.



تصویر ۲: صفحه و برنامه ضرب واقعیت افزوده

۲. برنامه کاربردی جئوجبرا AR، بدون نشانگر:

به‌منظور بهره‌گیری از محیط‌های یادگیری پویا، از قابلیت واقعیت افزوده‌ی نرم‌افزار GeoGebra استفاده شد. این اپلیکیشن با حذف محدودیت‌های وابسته به نشانگر از تکنولوژی شناسایی سطح برای جای‌گذاری اشیاء سه‌بعدی در فضای واقعی استفاده می‌کند. در سپتامبر ۲۰۱۷، اولین نسخه اپلیکیشن واقعیت افزوده جئوجبرا منتشر شد تا با استفاده از قابلیت‌های فناوری واقعیت افزوده در آموزش ریاضی فرصت‌های جدیدی برای تقویت محیط‌های یادگیری فراهم آورد (توماشکو و هوئن وارتر، ۲۰۲۰). این ابزار مطابق با استانداردهای آموزشی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که از طریق تعامل مستقیم و دستکاری‌های حرکتی، مدل‌های ریاضی مربوط به فعالیت‌ها را در فضای سه‌بعدی مشاهده کنند. قابلیت‌هایی نظیر چرخش ۳۶۰ درجه، تغییر مقیاس و حرکت در پیرامون شیء، موجب ارتقای «درک فضایی» و تعمیق یادگیری مفهومی در فراگیران می‌شود. در این قسمت محقق کاربرگی برای فعالیت انتهای فصل ضرب (صفحه ۷۸) ساخته و آن را با برنامه کاربردی «ماشین حساب سه‌بعدی جئوجبرا» در کلاس اجرا کرد.

³⁵ www.Parsia.App.ir

**Calculator Suite**

Explore functions, solve equations, construct geometric shapes

**Graphing Calculator**

Visualize equations and functions with interactive graphs and plots

**Geometry**

Explore geometric concepts and constructions in a dynamic environment

**3D Calculator**

Graph functions and perform calculations in 3D

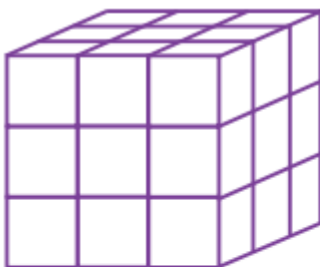
**Scientific Calculator**

Perform calculations with fractions, statistics and exponential functions

**Notes**

Explore our online note taking app with interactive graphs, slides, images and much more

تصویر ۳: برنامه جئوجبرای واقعیت افزوده



شکل روبه‌رو از ۲۷ مکعب کوچک درست شده است.

آن‌ها را رنگ می‌زنیم و پس از خشک شدن رنگ، ۲۷ مکعب را جدا می‌کنیم.

چند مکعب فقط یک سطحشان رنگ شده است؟

چند مکعب فقط دو سطحشان رنگ شده است؟

چند مکعب فقط سه سطحشان رنگ شده است؟

چند مکعب اصلاً رنگ نشده است؟

تصویر ۴: فعالیت صفحه ۷۸ فصل ۴ کتاب ریاضی سوم

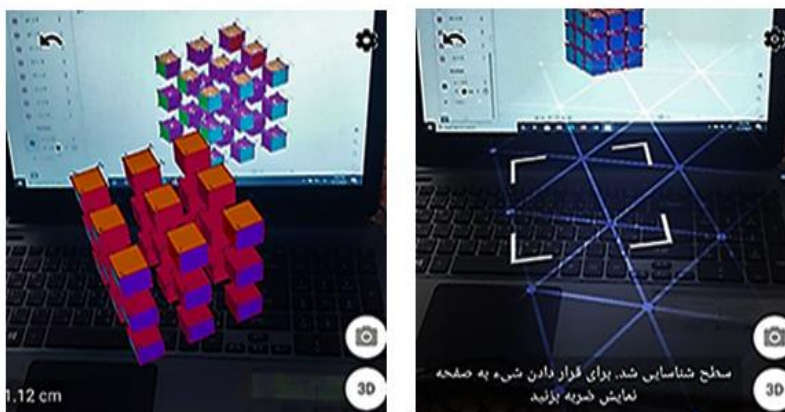
فرآیند اجرای مداخله

مداخله آموزشی در ۶ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای (بر اساس پروتکل درسی مصوب و متناسب با بودجه‌بندی زمانی برنامه‌ی رسمی ریاضی پایه سوم) طراحی و اجرا گردید. بازه زمانی ۶ جلسه برای حصول اطمینان از «تثبیت مفهومی» در کنار «تمرین رویه‌ای» در نظر گرفته شد. پیش از اجرا، طرح درس‌ها مورد بررسی اساتید آموزش ریاضی و معلمان قرار گرفت و پس از اصلاح توالی آموزشی و هم‌راستاسازی فعالیت‌های فناورانه با اهداف شناختی ضرب، مورد تأیید نهایی قرار گرفت. همچنین، پیش از آغاز مداخله، جلسات توجیهی جهت یکسان‌سازی سبک تدریس و مدیریت ابزارهای هوشمند برای آموزگار کلاس برگزار گردید. در گروه آزمایش، آموزش مبتنی بر AR بود. گروه کنترل نیز آموزش را به روش متداول و با استفاده از ابزارهای کمک‌آموزشی سنتی (فلش‌کارت) سپری کردند.

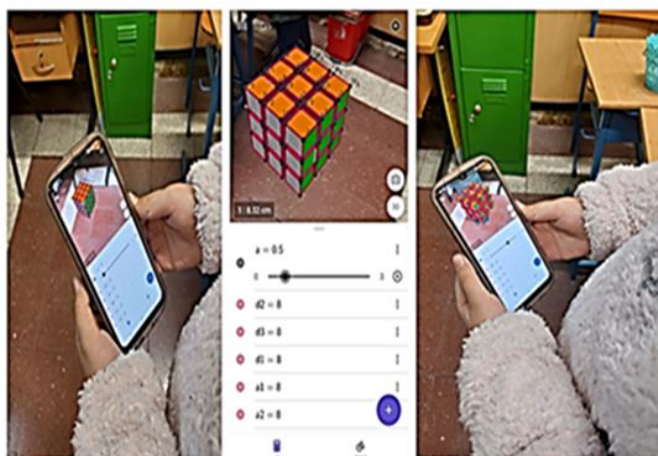
تا امکان مقایسه دقیق تر بین دو رویکرد «بازنمایی دیجیتال تعاملی» و «بازنمایی فیزیکی ثابت» فراهم گردد. پس از پایان جلسات از دو گروه آزمایش و کنترل، پس آزمون گرفته شد.



تصویر ۵: قسمتی از اجرای بخش آزمون برنامه ضرب واقعیت افزوده در کلاس



تصویر ۶: مکعب ساخته شده با برنامه جئوجبرا



تصویر ۷: قسمتی از مراحل اجرای برنامه جئوجبرا AR در کلاس

روش‌های تحلیل داده‌ها

داده‌های گردآوری شده در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری^{۳۶} نسخه ۲۶ مورد تحلیل قرار گرفتند. بدین منظور، ابتدا با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه و نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون توصیف گردید. به‌منظور آزمون فرضیه اصلی پژوهش و مقایسه اثربخشی مداخله واقعیت افزوده نسبت به روش سنتی، از تحلیل کوواریانس^{۳۷} استفاده شد. آنکوا این امکان را فراهم می‌کند که با کنترل اثر متغیرهای هم‌پراش یا کوواریت‌ها^{۳۸}، تفاوت معنادار در نمرات پس‌آزمون بین دو گروه، به تأثیر خالص مداخله نسبت داده شود. در این راستا، نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر هم‌پراش اصلی در مدل آنکوا لحاظ گردید. علاوه بر این، به‌منظور به حداقل رساندن تأثیر احتمالی متغیرهای زمینه‌ای و افزایش اعتبار نتایج، متغیرهای پایه تحصیلی، جنسیت، نوع مدرسه و متغیر آموزش‌دهنده در مرحله انتخاب نمونه و طراحی پژوهش به‌گونه‌ای کنترل شدند که تا حد امکان، هم‌ارزی بین دو گروه آزمایشی و کنترل حفظ گردد.

نتایج

به منظور بررسی اثربخشی مداخله آموزشی مبتنی بر AR بر بهبود عملکرد دانش‌آموزان پایه سوم در مفهوم ضرب، پس از اجرای پروتکل پژوهش، داده‌های گردآوری شده از طریق پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد تحلیل قرار گرفتند. تحلیل داده‌ها با استفاده از ترکیبی از آمار توصیفی و استنباطی انجام شد.

یافته‌های توصیفی

میانگین، انحراف معیار و میانگین اصلاح شده^{۳۹} نمرات آزمون مفهوم ضرب در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای هر دو گروه آزمایش و کنترل در جدول ۱ آورده شده است. در مرحله پیش‌آزمون، میانگین نمرات یادگیری مفهوم ضرب بین گروه آزمایش (۱۷/۵۹) و گروه کنترل (۱۷/۳۷) تفاوت ناچیزی داشته و اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود. این یافته مؤید این است که دو گروه در ابتدای پژوهش از نظر سطح دانش ریاضی تا حد زیادی همگن بوده‌اند. نکته قابل توجه، روند نمرات در مرحله پس‌آزمون است. در گروه آزمایش، میانگین نمرات با افزایش قابل ملاحظه‌ای به (۱۸/۹۶) رسیده است که نشان‌دهنده تأثیر مثبت مداخله آموزشی AR بر یادگیری مفهوم ضرب در دانش‌آموزان است. در مقابل، گروه کنترل با کاهش میانگین نمرات به (۱۶/۰۰) مواجه شده است. به‌منظور بررسی دقیق‌تر شاخص‌های مرکزی و اطمینان از عدم تأثیر نامطلوب داده‌های پرت بر میانگین‌ها، شاخص میانگین اصلاح شده ۵ درصد نیز محاسبه شد. با مقایسه این شاخص با میانگین‌های گزارش شده، مشاهده می‌شود که تفاوت اندکی میان این دو مقدار وجود دارد که نشان‌دهنده توزیع مناسب داده‌ها و عدم وجود مقادیر پرت شدید در متغیرهای پژوهش است؛ این امر بیانگر دقت و پایداری میانگین‌های محاسبه شده در جهت تحلیل‌های استنباطی می‌باشد.

در خصوص افت جزئی در میانگین نمرات گروه کنترل، که در مطالعات آموزشی آزمایشی، پدیده‌ای شناخته شده است را می‌توان ناشی از اثر «یکنواختی محیط آموزشی» در روش‌های مرسوم (نظیر استفاده از کتاب و ابزارهای ایستا) دانست. این روش‌ها در مواجهه با مفاهیم پیچیده‌تر، توانایی حفظ مشارکت فعال و انگیزه درونی فراگیران را نداشته که این امر می‌تواند به افت جزئی عملکرد در بازه زمانی پژوهش منجر شود. در واقع، در حالی که مداخلات فناورانه واقعیت افزوده به دلیل ماهیت تعاملی و برانگیزاننده، منجر به افزایش درگیری شناختی و عاطفی دانش‌آموزان می‌شود، روش‌های متداول در مواجهه با مفاهیم انتزاعی ریاضی (مانند مفهوم

³⁶ . Statistical Package
for the Social
Sciences (SPSS)

³⁷ . ANCOVA

³⁸ . Covariate

³⁹ . Trimmed Mean

ضرب)، ممکن است نتوانند سطوح برانگیختگی شناختی دانش‌آموزان را در طول بازه زمانی پژوهش حفظ کنند. این فقدان تحریک بصری و تعاملی در گروه کنترل، در کنار ماهیت چالش‌برانگیز گذار از مفاهیم انتزاعی ریاضی، به فرسایش انگیزشی یا افت عملکرد منجر شده است. با این وجود، تحلیل کوواریانس به کار رفته در این مطالعه، دقیقاً به منظور تعدیل و کنترل این تفاوت‌های اولیه در واریانس نمرات و حذف اثرات مزاحم طراحی شده است. استفاده از تحلیل کوواریانس با وارد کردن نمرات پیش‌آزمون به عنوان متغیر هم‌پراش، اجازه می‌دهد تا اثرات مداخله AR به صورت خالص و با کنترل آماری تفاوت‌های موجود در عملکرد پایه گروه‌ها سنجیده شود. بنابراین، نتایج استنباطی گزارش شده در قسمت بعد، بازتاب‌دهنده تأثیر واقعی مداخله، مستقل از نوسانات مشاهده شده در گروه کنترل است.

جدول ۱: میانگین و انحراف/استاندارد نمره‌های آزمون مفهوم ضرب در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه	مرحله	متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	میانگین اصلاح شده ۵٪
گروه آزمایش	پیش‌آزمون	یادگیری مفهوم ضرب	۱۷	۱۷/۵۹	۲/۴۵	۱۷/۸۲
	پس‌آزمون	یادگیری مفهوم ضرب	۱۷	۱۸/۹۶	۰/۹۷	۱۹/۰۱
گروه کنترل	پیش‌آزمون	یادگیری مفهوم ضرب	۱۷	۱۷/۳۷	۲/۱۵	۱۷/۴۹
	پس‌آزمون	یادگیری مفهوم ضرب	۱۷	۱۶/۰۰	۲/۳۴	۱۶/۰۳

تحلیل آمار استنباطی

به منظور تحلیل داده‌ها توسط تحلیل کوواریانس، پیش‌فرض‌های این نوع تحلیل آماری از جمله پیوسته (نسبی یا فاصله‌ای) بودن سطوح اندازه‌گیری متغیر وابسته، اندازه‌گیری متغیر کمکی قبل از ورود متغیر کمکی، دو سطحی بودن متغیر مستقل، استقلال در مشاهده‌ها بررسی گردید و شرایط برقرار بود. در ادامه سایر پیش‌فرض‌ها به همراه جدول آورده شده است:

۱. نرمال بودن توزیع داده‌ها: بدین منظور از نتایج حاصل از آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال یا غیر نرمال بودن داده‌ها استفاده می‌شود.

جدول ۲: نتایج آزمون شاپیرو-ویلک: برای نرمال بودن داده‌ها

متغیر	مرحله	گروه	آماره	آزادی	سطح معناداری
یادگیری مفهوم ضرب	پیش‌آزمون	آزمایش	۰/۹۳	۱۷	۰/۲۵۰
		کنترل	۰/۹۳	۱۷	۰/۲۴۷
یادگیری مفهوم ضرب	پس‌آزمون	آزمایش	۰/۹۴	۱۷	۰/۳۳۶
		کنترل	۰/۹۶	۱۷	۰/۶۱۲

از آن‌جا که سطح معناداری بیشتر از ۰/۰۵ حاصل شده است، تمام متغیرهای مورد مطالعه دارای توزیع نرمال می‌باشند.

۲. همگنی واریانس‌های خطا: بررسی همگنی واریانس‌های خطا برای هر یک از متغیرهای وابسته، با آزمون لون^{۴۰} انجام می‌گیرد. در جدول ۳ سطح معناداری بیشتر از ۰/۰۵ نشان دهنده تأیید این پیش فرض در مرحله پس‌آزمون است.

جدول ۳: آزمون همگنی واریانس‌های دو گروه آزمایش و کنترل در پس‌آزمون

متغیر	آماره لون	df1	df2	سطح معناداری
یادگیری مفهوم ضرب	۱۱/۳۷	۱	۳۲	۰/۰۸۲

۳. همگنی شیب رگرسیون: شیب‌های خطوط رگرسیونی برای کووریت‌ها (در ارتباط با متغیر وابسته) در بین گروه‌ها (آزمایش و کنترل) باید یکسان باشد که به این پیش فرض همگنی شیب رگرسیون گفته می‌شود.
جدول ۴: آزمون همگنی شیب رگرسیون

متغیر	f	df	سطح معناداری
تعامل متغیر مستقل با یادگیری مفهوم ضرب	۰/۰۴	۱	۰/۸۳۹

مفروضه همگنی شیب رگرسیون برای اجرای آزمون تحلیل کوواریانس با سطح معناداری بیشتر از ۰/۰۵ برقرار است. از آن‌جاکه پیش فرض‌های تحلیل کوواریانس برقرار بودند، می‌توان فرضیه پژوهش را با این آزمون بررسی کرد.
فرضیه: استفاده از واقعیت افزوده در آموزش موجب بهبود عملکرد دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی در یادگیری مفهوم ضرب می‌شود.

جدول ۵: تحلیل کوواریانس پس‌آزمون مفهوم ضرب

عامل	مجموع مجزورات	df	میانگین مربعات	f	سطح معناداری (Sig.)	مجزور اتا
پیش‌آزمون	۱/۰۳	۱	۱/۰۳	۰/۳۲	۰/۵۷۸	۰/۰۱
گروه	۷۳/۲۳	۱	۷۳/۲۳	۲۲/۳۹	0/0001	۰/۴۲
خطا	۱۰۱/۳۷	۳۱	۳/۲۷			
کل	۱۰۵۶۲/۹۴	۳۴				

جدول فوق نشان می‌دهد سطح معناداری در متغیر یادگیری مفهوم ضرب کمتر از ۰/۰۵ شده است، در نتیجه تفاوت بین گروه‌ها معنادار می‌باشد. به عبارتی میانگین یادگیری مفهوم ضرب بین گروه‌های آزمایش و کنترل در پس‌آزمون با ثابت نگه داشتن اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری وجود دارد، از طرفی مقدار مجذور اتا نشان می‌دهد که حدود ۴۲٪ از تغییرات نمرات پس‌آزمون، ناشی از تفاوت بین گروه‌ها بوده است. بنابراین، استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی مبتنی بر واقعیت افزوده در بهبود عملکرد دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی در یادگیری مفهوم ضرب تأثیر قوی و معناداری داشته است. همچنین تحلیل کوواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر متغیر کمکی (نمره پیش‌آزمون = ۱۷/۴۸)، تفاوت معناداری در میانگین‌های تعدیل‌شده^{۴۱} پس‌آزمون بین دو گروه وجود دارد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، میانگین تعدیل‌شده گروه آزمایش به‌طور معناداری بالاتر از گروه کنترل است. عدم هم‌پوشانی بازه‌های اطمینان ۹۵٪ در دو گروه، نشان‌دهنده دقت برآوردها و معناداری تفاوت بین میانگین‌های واقعی جامعه است؛ به‌طوری که

40. Levene's Test

41. Adjusted Means

تفاوت مشاهده شده هم از نظر آماری و هم از نظر عملی به نفع گروه آزمایش تفسیر می‌شود. این یافته‌ها حاکی از آن است که مداخله آموزشی حتی پس از تعدیل تفاوت‌های اولیه در پیش‌آزمون، تأثیر مثبت و پایداری بر یادگیری مفهوم ضرب دانش‌آموزان داشته است.

جدول ۶: میانگین تعدیل شده و بازه اطمینان پس‌آزمون مفهوم ضرب

گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد	بازه اطمینان ۹۵٪
گروه آزمایش	۱۸/۹۵	۰/۴۴	[۱۸/۰۵, ۱۹/۸۴]
گروه کنترل	۱۶/۰۱	۰/۴۴	[۱۵/۱۱, ۱۶/۹۰]

بحث و نتیجه گیری

نتایج این مطالعه که با هدف بررسی اثربخشی مداخلات نوین آموزشی، به‌ویژه به‌کارگیری نرم‌افزارهای واقعیت افزوده، بر یادگیری مفهوم ضرب در دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی انجام شد. نشان داد که به‌کارگیری برنامه‌های کاربردی واقعیت افزوده، تأثیر معناداری بر ارتقای یادگیری مفهوم ضرب در دانش‌آموزان پایه سوم دارد و به‌طور مؤثری تعامل و درک ملموس از مفاهیم انتزاعی ریاضی را تقویت می‌نماید. این یافته‌ها ضمن همسویی با طیف وسیعی از تحقیقات بین‌المللی در حوزه کاربرد فناوری‌های نوین در آموزش ریاضیات، نظیر لینیتری و همکاران (۲۰۲۴)، محمد و همکاران (۲۰۲۳)، ربولو و همکاران (۲۰۲۲)، دمیتیرادو و همکاران (۲۰۲۰)، آندریا و همکاران (۲۰۱۹)، برکاربست این فناوری به عنوان ابزاری تسهیل‌گر در محیط‌های آموزشی تأکید دارد.

نتایج پژوهش نشان داد که افزایش اثربخشی واقعیت افزوده در یادگیری مفاهیم ریاضی را می‌توان به ارائه تجربه یادگیری غنی‌تر، چندحسی و تعاملی نسبت داد. برخلاف روش‌های سنتی مانند فلش کارت که عمدتاً بر یادآوری حافظه متکی هستند، واقعیت افزوده امکان تجسم سه‌بعدی و ملموس مفاهیم انتزاعی را فراهم می‌آورد. وقتی اشیاء از صفحات کتاب خارج شده و به صورت مجازی و سه‌بعدی در برابر دیدگان دانش‌آموزان بازنمایی می‌شوند؛ این امکان فراهم می‌شود تا مفاهیم انتزاعی ریاضی نظیر ضرب برای دانش‌آموزان ملموس‌تر شده و آن‌ها بتوانند روابط میان اعداد و عملیات ریاضی را به شیوه‌ای عینی درک کنند. این رویکرد، فرایند آموزش را به تجربه‌ای فعال تبدیل کرده و کیفیت درک مفاهیم را برای دانش‌آموزان ارتقا می‌بخشد. توانایی آموزگار در اجرای فرآیند آموزش با کیفیتی بالاتر و درک بهتر مفاهیم توسط دانش‌آموزان، منجر به افزایش محسوس سطح یادگیری و عملکرد بهتر آن‌ها در درک مفهوم ضرب می‌شود.

علی‌رغم ظرفیت بالای واقعیت افزوده در غنی‌سازی آموزش ریاضی، بهره‌گیری مؤثر از آن در محیط‌های آموزشی مستلزم فراهم بودن زیرساخت‌های فناورانه، توانمندسازی معلمان و دسترسی به محتوای مناسب است. در این پژوهش نیز محدودیت دسترسی به ابزارهای هوشمند و تنوع اندک برنامه‌های کاربردی تخصصی، دامنه استفاده از واقعیت افزوده را تا حدی محدود کرد و نشان داد که تحقق کامل مزایای این فناوری، بدون پشتیبانی فنی و آموزشی کافی، با دشواری همراه خواهد بود.

از منظر روش‌شناختی، نتایج پژوهش، به‌دلیل محدودیت در حجم و بافت آموزشی نمونه (مدرسه غیردولتی)، از نظر تعمیم‌پذیری دارای محدودیت است و تعمیم یافته‌ها به سایر پایه‌ها، جنسیت‌ها و بافت‌های آموزشی نیازمند پژوهش‌های تکمیلی است. اما همگرایی میانگین‌های اصلاح شده، اصلی و تعدیل شده، نشان‌دهنده پایداری آماری یافته‌هاست. این همگرایی آماری، تا حد زیادی نگرانی‌ها پیرامون خطاهای احتمالی ناشی از پراکندگی‌های شدید را مرتفع کرده و اعتبار درونی تحلیل‌های استنباطی به‌کارگرفته‌شده را جهت تعمیم نتایج در جهت هدف اصلی پژوهش تقویت می‌کند. در کنار این مسئله، با توجه به طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل، تهدیدهای روایی درونی شامل بلوغ، تاریخچه و افت آزمودنی‌ها مورد توجه قرار گرفت. از آن‌جا که فاصله زمانی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در این پژوهش کوتاه و حدود چهار هفته بود، احتمال تغییرات طبیعی مرتبط با رشد شناختی دانش‌آموزان در این بازه اندک به نظر

می‌رسد. همچنین در طول دوره پژوهش، هیچ رویداد آموزشی خاصی خارج از مداخله رخ نداد؛ هرچند عدم کنترل کامل بر این عامل به عنوان یک محدودیت پذیرفته می‌شود. درباره افت آزمودنی‌ها، نرخ ریزش نمونه در دو گروه صفر بود و کلیه آزمودنی‌ها در پس‌آزمون حضور داشتند؛ بنابراین این تهدید در مطالعه حاضر رخ نداد، اما به عنوان یک تهدید بالقوه مورد توجه قرار گرفت. سایر تهدیدهای روایی درونی نظیر ابزار اندازه‌گیری و بازگشت آماری، با توجه به همسان بودن سطح دشواری سوالات و عدم انتخاب افراطی نمونه و نیز استفاده از تحلیل کوواریانس برای کنترل اثر پیش‌آزمون، در این پژوهش رخ نداده‌اند. با وجود این ملاحظات، حضور گروه کنترل اثر همزمان این تهدیدها را به طور خودکار کاهش می‌دهد.

اتکای پژوهش بر واقعیت افزوده مبتنی بر نشانگر و تمرکز آن بر مفهوم ضرب، تصویری محدود از توان بالقوه این فناوری ارائه می‌کند. بر همین اساس، بررسی اثربخشی واقعیت افزوده بدون نشانگر، مطالعه آن در سایر مفاهیم ریاضی و در پایه‌های بالاتر، و نیز بهره‌گیری از روش‌های کیفی برای فهم عمیق‌تر تجربه یادگیری دانش‌آموزان و معلمان، می‌تواند افق‌های تازه‌ای را در این حوزه بگشاید. از سوی دیگر، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ورود واقعیت افزوده به آموزش ریاضی زمانی مؤثرتر خواهد بود که در قالبی مکمل و در پیوند با تدریس معلم به کار گرفته شود. در این راستا، آشنایی معلمان و دانش‌جومعلمان با ابزارهای واقعیت افزوده، بازنگری در محتوای کتاب‌های درسی با رویکردهای چندرسانه‌ای، و طراحی فعالیت‌هایی که دانش‌آموزان در سطوح بالاتر بتوانند خود در تولید محتوای آموزشی مشارکت کنند، می‌تواند به افزایش انگیزه و عمق یادگیری کمک کند. همچنین، ترکیب این فناوری با رویکردهایی مانند بازی‌وارسازی^{۴۲}، تقویت تعامل با اولیا، و تجهیز تدریجی مدارس به امکانات لازم، زمینه را برای استفاده پایدارتر و اثربخش‌تر از واقعیت افزوده در آموزش ریاضی فراهم می‌سازد.

منابع

- بادله، علیرضا، توماج، عبدالجلال، و قبادیان، مسلم. (۱۴۰۰). تأثیر روش‌های آموزش مبتنی بر بارشناختی و فناوری واقعیت‌افزوده بر یادگیری و یادداری دانش‌آموزان در درس ریاضی. پژوهش در برنامه ریزی درسی، ۱۸ (۶۸)، ۱۶۳-۱۷۷.
<https://doi.org/10.30486/jsre.2021.1893684.1578>
- بزرگیان، حمید. (۱۴۰۲). بررسی نقش فناوری اطلاعات در آموزش ریاضی دوره ابتدایی. دومین کنفرانس بین‌المللی و پنجمین کنفرانس ملی مدیریت، روان‌شناسی و علوم رفتاری. <https://civilica.com/doc/1770787>
- پورقاز، شیرین، توماج، عبد الجلال، و رزاقیان گرمودی، زهرا. (۱۳۹۹). تأثیر آموزش مبتنی بر واقعیت‌افزوده بر اضطراب ریاضی و اشتیاق تحصیلی دانش‌آموزان. فصلنامه پویا در آموزش علوم پایه، ۱۸ (۶)، ۱۳-۳۰. <https://ensani.ir/fa/article/458138>
- درتاج، فریبرز، لک‌پور، الهام، و بهلولی، علی. (۱۳۹۲). بررسی میزان تأثیر مدارس هوشمند استان لرستان بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مقطع متوسطه. مجله فناوری آموزش، ۸ (۲)، ۱۳۱-۱۴۱. <https://doi.org/10.22061/tej.2013.111>
- دلور، علی. (۱۳۹۳). روش تحقیق در روانشناسی و علوم تربیتی. تهران: ویرایش.
- ذوالقدر نسب، محسن، اسمعیلی، رضا، و نظری‌صارم، حمزه. (۱۳۹۴). بهره‌گیری از وسایل کمک آموزشی و تأثیر مثبت آن‌ها در یادگیری دانش‌آموزان دوره ابتدایی. کنفرانس ملی آینده پژوهی، علوم انسانی و توسعه، شیراز. <https://civilica.com/doc/451923>
- رستگارپور، حسن، و حسینی، مهکامه. (۱۳۹۴). تأثیر بسته آموزشی "حساب یار" در یادگیری و یادسپاری جدول ضرب. فناوری آموزش (فناوری و آموزش)، ۹ (۳)، ۲۲۹-۲۳۶. <https://doi.org/10.22061/tej.2015.308>

سلیمان نژاد، اکبر، و حسینی نسب، سید داوود. (۱۳۹۱). تأثیر تعاملی آموزش راهبردهای خودتنظیمی و سبک‌های شناختی دانش‌آموزان بر عملکرد حل مسئله ریاضی. *مجله مطالعات آموزش و یادگیری*. ۴(۲)، ۸۱-۱۱۵.

<https://doi.org/10.22099/jsli.2013.1577>

شورای عالی آموزش و پرورش. (۱۳۹۱). سند برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران. تهران. <https://iranarze.ir/blog/wp-content/uploads/2025/06/barname-darsi-melli.pdf>

شیخ زاده، مصطفی، و مهرمحمدی، محمود. (۱۳۸۳). نرم‌افزار آموزش ریاضی ابتدایی بر اساس رویکرد سازنده گرایی و سنجش میزان اثر بخشی آن. *نوآوری‌های آموزشی*، ۳(۹)، ۳۲-۴۸. <https://ensani.ir/fa/article/276657>

فروزان فر، احمد، دانایی زاده، محمد، و حمیده خو، روح اله. (۱۴۰۲). بررسی و راه کارهای افزایش علاقه‌مندی دانش‌آموزان سوم دبستان شهرستان باشت به جدول ضرب ریاضی. *پژوهشنامه/ورمزد*، ۶۲، ۵۷-۷۲. <https://www.sid.ir/paper/1095357/fa>

معیری، مرجان. (۱۴۰۱). اثر بخشی آموزش ریاضی مبتنی بر واقعیت افزوده در فضای مجازی بر یادگیری مادام العمر و اشتیاق تحصیلی دانشجو معلمان. *نشریه علمی فناوری آموزش*، ۱۷(۱)، ۸۷-۱۰۲. <https://doi.org/10.22061/tej.2022.8429.2666>

Andrea, R., Lailiyah, S., Agus, F., & Ramadiani, R. (2019). "Magic Boosed" an elementary school geometry textbook with marker-based augmented reality. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(3), 1242-1249. <http://doi.org/10.12928/telkomnika.v17i3.11559>

Bahadır, E. (2017). Teaching multiplication and multiplication tables by the application of finger multiplication. *European Journal of Education Studies*. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v0i0.559>

Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New horizons for learning*, 12(5), 1-5. https://www.academia.edu/58696278/Augmented_reality_in_education

Canuto-Penrad, J. (2020). Effects of innovated flashcard drills in the mastery of multiplication facts among the grade 3 pupils of the University of Baguio Laboratory Elementary School. *University of Baguio Research Journal*, 2(44). <https://rdc.ubaguio.edu/effects-of-innovated-flashcard-drills-in-the-mastery-of-multiplication-facts-among-the-grade-3-pupils-of-the-university-of-baguio-laboratory-elementary-school/>

Demitriadou, E., Stavroulia, K. E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and information technologies*, 25(1), 381-401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>

De Vera, J. A. O. (2025). Flash Card Implementation for Multiplication Skill Development in Fourth Grade: An Action Research Investigation. *MSI Journal of Arts, Law and Justice (MSIJALJ)*, 2(7), 1-14. <https://zenodo.org/records/15779673>

Hetmanenko, L. (2024). The role of interactive learning in mathematics education: Fostering student engagement and interest. *Multidisciplinary Science Journal*, (6), 1-10. <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/49655>

Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2002, July). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. In *ACM SIGGRAPH 2002 conference abstracts and applications* (pp. 37-41). <https://doi.org/10.1145/1242073.1242086>

Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2019(1), Article 7208494. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>

Kustovska, O., & Svidenyuk, A. (2016). Interactive learning: advantages and disadvantages. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*, 2016(4), 53-58. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2016.04.053>

Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., & Evangelidis, G. (2022). Augmented reality and gamification in education: A systematic literature review of research, applications, and empirical studies. *Applied sciences*, 12(13), Article 6809. <https://doi.org/10.3390/app12136809>

- Lintiasri, S., Nisa, A. F., Al Masjid, A., & Cahyani, B. H. (2024). The Effect of Augmented Reality Media on Mathematics Learning Outcomes of Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(4), 2000-2012. <http://dx.doi.org/10.23960/jpmipa/v25i4.pp2000-2012>
- Malik, R. H., & Rizvi, A. A. (2018). Effect of Classroom Learning Environment on Students' Academic Achievement in Mathematics at Secondary Level. *Bulletin of Education and research*, 40(2), 207-218. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/effect-classroom-learning-environment-on-students/docview/2169353693/se-2>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329. https://globals.ieice.org/en_transactions/information/10.1587/e77-d_12_1321/_p
- Muhammad, I., Angraini, L. M., Darmayanti, R., Sugianto, R., Usmiyatun, U., & da Silva Santiago, P. V. (2023). Students' interest in learning mathematics using augmented reality: Rasch model analysis. *Edutechnium Journal of Educational Technology*, 1(2), 80-99. <https://doi.org/10.71365/edujet.v1i2.34>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics. <https://www.scribd.com/document/651210204/NCTM-Principles-and-Standards-for-School-Mathematics-2000>
- Niederhauser, D. S., & Stoddart, T. (2001). Teachers' instructional perspectives and use of educational software. *Teaching and teacher education*, 17(1), 15-31. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00036-6](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00036-6)
- Peter, E. E., & Olaoye, A. A. (2013). Symbolic notations and students' achievements in algebra. *Educational Research and Reviews*, 8(15), 1294-1303. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55743629>
- Rebollo, C., Remolar, I., Rossano, V., & Lanzilotti, R. (2022). Multimedia augmented reality game for learning math. *Multimedia Tools and Applications*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10821-3>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertz, T., Seybold, J., Bauer, P. & Krause, M. J. (2021). On the potential of augmented reality for mathematics teaching with the application cleARmaths. *Education Sciences*, 11(8), Article 368. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
- Sulianto, J., Buchori, A., & Rahmawati, N. D. (2024). Development of augmented reality-based mathematics textbooks to foster critical and creative thinking skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 12(2), 228-250. <https://dx.doi.org/10.30659/pendas.12.2.228-250>
- Tomaschko, M., & Hohenwarter, M. (2019). Augmented reality in mathematics education: The case of GeoGebra AR. In T. Prodromou (Ed.), *Augmented reality in educational settings* (pp. 325-346) Brill. https://doi.org/10.1163/9789004408845_014
- Volioti, C., Orovas, C., Sapounidis, T., Trachanas, G., & Keramopoulos, E. (2023). Augmented reality in primary education: An active learning approach in mathematics. *Computers*, 12(10), 207. <https://doi.org/10.3390/computers12100207>
- Zhang, J., Yen, S. H., Liu, T. C., Sung, Y. T., & Chang, K. E. (2022). Studies on learning effects of AR-assisted and PPT-based lectures. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40299-020-00533-x>