

The Effect of Vector Graphics on Memorization and Academic Motivation in Mathematics

Seyed Rasoul
Emadi* 

Corresponding Author, Department of Educational Sciences,
Faculty of Humanities, Shahid Rajaei Teacher Training
University, Tehran, Iran. E-mail: r.emadi@srut.ac.ir

Shiva Fazli 

Department of Educational Sciences, Faculty of Humanities, Bu-
Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail:
shivaa.fazlii1371@gmail.com

ABSTRACT

Mathematics is one of the most important and somewhat challenging subjects for students, and nowadays various multimedia methods, including vector graphics, can be used in its teaching. The purpose of this research was to determine the effect of vector graphics on the memorization and academic motivation of students in mathematics. The research method was quasi-experimental. The statistical population included all fifth-grade female students of the Qahavand district in the academic year 2020-2021, which was 188. The statistical sample consisted of 30 students (15 subjects in the experimental group and 15 in the control group) who were selected from the female students of the fifth-grade primary school through the available sampling method. The experimental group was trained through Illustrator software during 8 sessions, and the control group received the usual training. The data collected by Harter's (1981) academic motivation and memorization (researcher-made) questionnaires in mathematics. The results showed that vector graphics training, had a positive and significant effect on students' memorization and academic motivation of students mathematic. The results showed that teaching with the vector graphics has a greater impact on the level of memorization and academic motivation of students in mathematics compared to teaching in the usual way considering the attractiveness of multimedia methods such as graphics for learners, it is suggested that teachers use vector graphics in teaching mathematics.

Keywords: Academic motivation, Mathematics, Vector graphics, Memorization

Cite this Article: Emadi, S. R., & Fazli, S. (2025). The Effect of Vector Graphics on Memorization and Academic Motivation in Mathematics. *Technology of Instruction and Learning*, 8(27), 61-88. <https://doi.org/10.22054/jti.2025.83812.1539>



© 2016 by Allameh Tabataba'i University Press
Publisher: Allameh Tabataba'i University Press

Extended Abstract

Introduction

A significant challenge teachers face in mathematics education is the low motivation of students to learn the subject. Motivation is a key factor in effective learning. When students are highly motivated, they tend to demonstrate greater interest, curiosity, and diligence in their studies. Increased motivation enables students to tackle learning challenges more effectively and devote more time to studying and completing schoolwork, leading to improved focus on course material and enhanced learning outcomes (Schrader et al., 2018). Multimedia education, with its diverse capabilities, allows students to engage with complex subjects like mathematics in a more concrete and tangible way. In the vector graphics teaching method, students can dynamically grasp concepts such as addition, subtraction, multiplication, and the intersections of points and lines. This approach fosters a more intuitive understanding of these mathematical operations, which helps cultivate deeper comprehension and mathematical intuition (Zulnaidi et al., 2020). Given the evolution of various multimedia tools and their interactive content, along with the limitations of traditional educational methods in motivating students, the use of these tools is increasingly justified. Furthermore, these practical tools significantly assist teachers in delivering content and enhancing both the motivation and quality of learning. Given the importance of multimedia tools in improving mathematics education, this study aims to investigate the effectiveness of the vector graphics method in enhancing both memorization and motivation among elementary students in mathematics lessons.

Research Question(s)

whether the vector graphics method is effective in enhancing both memorization and motivation among elementary students in mathematics?

Literature Review

The use of vector graphics to enhance the quality of learning is on the rise; however, there is a lack of consistent research on the effects of this tool, indicating the need for various studies in this area. Al-Haj Bedar and Al-Shboul (2020) investigated the impact of an integrated approach to science, technology, engineering, art, and mathematics on student motivation. Their findings revealed that integrated education effectively boosts student motivation. Similarly, Saravanakumar (2021) studied the effects of multimedia teaching methods on academic performance and mathematics learning. The results of this pilot study

demonstrated that multimedia approaches are more effective than traditional teaching methods in enhancing students' performance in mathematics. Despite this, there is a noticeable gap in research regarding the impact of vector graphics on motivation and memorization in mathematics. Addressing this gap could provide valuable insights that help teachers enhance their mathematics instruction, ultimately benefiting students. Therefore, it is essential to investigate the effects of vector graphics on students' memorization and academic motivation in mathematics.

Methodology

The current study utilized a quasi-experimental pre-test-post-test design with a control group. The statistical population comprised 188 fifth-grade female elementary school students in Qahavand during the academic years 2019 to 2020. From this population, a sample of 30 students (15 in the experimental group and 15 in the control group) was selected using convenience sampling. The experimental group participated in vector graphics training using computer-aided illustration software (Illustrator) over the course of 8 sessions, while the control group received custom training. Both groups were given tests to assess academic motivation and memorization of math lessons before and after the training. Data were collected through an academic motivation questionnaire and a researcher-developed test to evaluate math memorization. Multivariate analysis of covariance (MNCOVA) was utilized to analyze the data, and all analyses were conducted using statistical software (SPSS, version 27).

Results

The analysis of covariance revealed significant differences in the mean score of memorizations between the control and experimental groups. This indicates that vector graphics education positively affects students' memorization of mathematics, with an effect size of 28 percent, as measured by eta squared. Additionally, the results showed significant differences in the mean scores of academic motivations between the control and experimental groups. This suggests that vector graphics education also enhances academic motivation in mathematics, with an effect size of 47 percent, according to eta squared.

Conclusion

The use of vector graphics in the classroom creates practical and engaging learning situations, which can significantly enhance students' motivation to learn. Vector graphic design employs relational features such as alignment, ordering, and sizing to effectively highlight key

information. This design process often involves resizing, moving various objects, and potentially adding or removing elements. As a result, teaching mathematics with vector graphics allows learners to engage with the same educational content in diverse ways. By altering colors, dimensions, and lines, students can achieve a deeper understanding of the material and increase their motivation to learn.

Acknowledgments

We would like to thank all the students and teachers who took part in this study.

تأثیر گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی درس ریاضی

سید رسول عمادی *

نویسنده مسئول، گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت دبیر
شهید رجایی، تهران، ایران. رایانامه: R.emadi@sru.ac.ir

شیوا فضلی

گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
رایانامه: shivaa.fazlii1371@gmail.com

چکیده

درس ریاضی از دروس مهم و تا حدی چالش‌انگیز برای دانش‌آموزان محسوب می‌شود که امروزه از روش‌های چندرسانه‌ای مختلف از جمله گرافیک برداری در آموزش آن می‌توان بهره برد. هدف این پژوهش، تعیین اثر گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی بود. روش پژوهش از نوع شبه آزمایشی است. جامعه آماری، دانش‌آموزان دختر پایه پنجم ابتدایی بخش قهاوند در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به تعداد ۱۸۸ نفر بودند که نمونه‌ای به حجم ۳۰ نفر (۱۵ نفر گروه آزمایش و ۱۵ نفر گروه کنترل) با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. گروه آزمایش طی ۸ جلسه از طریق نرم‌افزار ایلستریاتور تحت آموزش قرار گرفت و گروه کنترل آموزش معمول را دریافت کرد. داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه‌های انگیزش تحصیلی هارتر (۱۹۸۱) و یادداری (محقق ساخته) در درس ریاضی بود. بر اساس نتایج آموزش گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی درس ریاضی دانش‌آموزان تأثیر مثبت و معناداری داشت. نتایج نشان داد آموزش توسط گرافیک برداری در مقایسه با تدریس به روش معمول در میزان یادداری و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی، تأثیر بیشتری دارد. با توجه به جذابیت روش‌های چندرسانه‌ای مانند گرافیک برداری برای فراگیران، پیشنهاد می‌شود معلمان از گرافیک برداری در تدریس ریاضی استفاده کنند.

کلیدواژه‌ها: انگیزش تحصیلی، ریاضی، گرافیک برداری، یادداری

استناد به این مقاله: عمادی، سید رسول، و فضلی، شیوا. (۱۴۰۴). تأثیر گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی درس ریاضی. فناوری‌های آموزشی در یادگیری، ۲۷(۸)، ۶۱-۸۸. <https://doi.org/10.22054/jti.2025.83812.1539>

© ۲۰۱۶ دانشگاه علامه طباطبائی

ناشر: دانشگاه علامه طباطبائی



مقدمه

یکی از مهم‌ترین اهداف و فرایندهای تحصیلی دانش‌آموزان یادگیری است، که در محیط تحصیلی تحت تأثیر یادگیرنده، معلم و ابزار آموزشی قرار دارد. درواقع یادگیرنده در فرایند یادگیری به شکل مستقیم شرکت دارد و نقش معلم فراهم آوردن شرایط و امکاناتی است که یادگیری را آسان می‌سازد (Kyza & Georgiou, 2019). ریاضی به دلیل ماهیت و ساختار خاص آن، حوزه‌ای مناسب برای تقویت مهارت‌هایی چون تعمیم دادن، فرضیه‌سازی و حل مسئله است، اما درک مفاهیم ریاضی و آموزش آن از چالش‌های مهم این حوزه است که دغدغه معلمان و سیستم آموزشی است (Stylianides et al., 2023).

مطالعات روان‌شناسی آموزش و یادگیری در حوزه ریاضیات نشان می‌دهد که آموزش مفاهیم انتزاعی برای کودکان مناسب نیست و آموزش مفاهیم ریاضی برای کودکان دبستانی بیشتر به صورت عینی و عملی مؤثر است (Saal & Graham, 2023). یکی از مشکلات عمده معلمان در تدریس ریاضی، پایین بودن انگیزه دانش‌آموزان برای یادگیری این درس است، ازاین‌رو انگیزش یکی از عوامل مهم در کسب یادگیری است (Wulandari et al., 2024). انگیزه بالا معمولاً باعث افزایش علاقه‌مندی، کنجکاوی و سخت‌کوشی بیشتری در یادگیری می‌شود. انگیزه بالا به دانش‌آموزان کمک می‌کند که توانایی و انعطاف بیشتری برای غلبه بر مشکلات یادگیری از خود نشان دهند، زمان بیشتری برای مطالعه و انجام تکالیف مدرسه صرف کنند که این درگیری باعث توجه و تمرکز بیشتر بر مطالب درسی و یادگیری بیشتر می‌شود (Schrader et al., 2018). در درسی مانند ریاضی نیز انگیزش با یادگیری ارتباط مستقیم دارد و مشکلات انگیزشی باعث می‌شود که دانش‌آموزان در حد توانایی و شایستگی خودشان عمل نکرده و پایین‌تر از حد انتظار در یادگیری ریاضی عمل کنند. بدین ترتیب معلمان باید زمینه‌ای را فراهم آورند که انگیزه فعالیت و یادگیری ریاضی در دانش‌آموزان برانگیخته شود (Chiu et al., 2020). معلمان امروز، فرصت زیادی برای به کار بستن گسترده ابزارهای قدرتمند چندرسانه‌ای و تغییرهای مدل یادگیری دانش‌آموزان را در هر درس در اختیار دارند. آموزش چندرسانه‌ای با امکانات گسترده خود، دست معلمان را برای کاربردی کردن روش‌های نوین آموزشی باز گذاشته و زمینه را برای اجرای مؤثرتر آن فراهم سازند. این امر موجب می‌شود دانش‌آموزان بتوانند از طریق مدل‌های آموزشی چندرسانه‌ای به

سطوح بالای یادگیری دسترسی پیدا کنند و در دروسی مانند ریاضی که انتزاعی هستند به صورت عینی و ملموس مطالب را فراگیرند (Zhan & So, 2017).

کاربرد ابزار چندرسانه‌ای به فرایند آموزشی معلم، در صورتی مفید است که بین محتوای آموزش و تکنولوژی چندرسانه‌ای، وحدت وجود داشته باشد (Bray & Tangney, 2017). ترکیب محتوا و فناوری منجر به ایجاد کاربردهای محتوایی چندرسانه‌ای خواهد شد که چند حسی هستند و از نظر بصری در حال رقابت با دانش آموز بوده و از همه مهم‌تر، تعاملی هستند. این مواد درسی چندرسانه‌ای تعاملی، به آسانی در قالب مجموعه‌های نرم‌افزاری ایجاد می‌شوند (Ilma et al., 2024). با وارد کردن فناوری آموزشی به حیطه آموزش، از طریق استفاده از وسایل معتبر چندرسانه‌ای می‌توان مواد درسی را به محتوای تعاملی تبدیل کرد. این امر به معلمان اجازه می‌دهد تا برای انتقال پیام در محیط یادگیری چند حسی، عناصر پایه چندرسانه‌ای را در جهت محتوا، طراحی و ثبت نمایند؛ بنابراین استفاده از ابزار چندرسانه‌ای در افزایش انگیزه و یادگیری و یادسپاری مطالب در دانش‌آموزان نقش مهمی دارد (Angraini & Hardi, 2023). از نظر Mayer (2014) تأثیر ابزار چندرسانه‌ای بر یادگیری و انگیزه فراگیران به اصول طراحی یادگیری چندرسانه‌ای بازمی‌گردد که در این ابزار برای ارتقای اثربخشی یادگیری دانش‌آموزان ویژگی‌هایی مانند انسجام، سیگنال‌دهی، مجاورت مکانی، مجاورت زمانی و اصل بازخورد رعایت شده است. ابزار چندرسانه‌ای با ارائه نمایش‌های بصری و شیوه تعاملی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بر مشکلات مربوط به بی‌انگیزگی نسبت به یادگیری غلبه کنند و از این رو می‌تواند در بهبود انگیزه تحصیلی مؤثر باشد. نظریه شناختی مایر نیز در مورد اهمیت آموزش چندرسانه‌ای عنوان می‌کند که کاربرد ابزار چندرسانه‌ای از این جهت کارآمد و ضروری است که طیف وسیع‌تری از دستورالعمل‌ها را به معلمان ارائه می‌دهد که به افزایش دستاوردهای یادگیری دانش‌آموز کمک می‌کند (Mayer, 2014). یکی دیگر از دیدگاه‌های مهم برای لزوم استفاده از ابزارهای گرافیکی در آموزش ریاضی نظریه هوش چندگانه^۱ گاردنر است. طبق دیدگاه Gardner (1998) هوش فضایی نقش مؤثری در یادگیری ریاضیات و هندسه دارد (Yaban & Gaschler, 2024). هوش فضایی یا هوش دیداری-فضایی^۲، شامل توانایی درک درست جهان به صورت دیداری-مکانی و ایجاد تغییر در این ادراک است. این هوش مستلزم شناسایی رنگ، خط،

1. Multiple Intelligence (MI)

2. Visual Spatial Intelligence (VSI)

شکل، فرم، فضا و درک رابطه میان این عوامل است و توانایی تجسم و بازنمایی گرافیکی افکار دیداری - مکانی را در برمی‌گیرد (Supli & Yan, 2024). در آموزش گرافیک برداری نقطه، خط، شکل، رنگ، جهت، مقیاس، بعد و حرکت اجزای جدایی‌ناپذیر این روش هستند که در بسط تفکر و ارتباط بصری نقش اساسی دارند. این عناصر هم در توسعه هوش فضایی نقش دارند و هم تأثیر زیادی در شکل‌گیری مفاهیم ریاضی و هندسی دارند (Lopes et al., 2019).

یکی از شیوه‌های آموزش چندرسانه‌ای، گرافیک برداری^۱ است که مبتنی بر تولید و ذخیره فایل‌های تصویری کامپیوتری است که در آن تصویر در قالب مجموعه‌ای از مشخصات هندسی نقاط، خط‌ها، منحنی‌ها و چندضلعی‌ها ذخیره می‌شود (Ilma et al., 2024). کلمه بردار در این کاربرد معنایی وسیع‌تر از یک خط راست است بدین صورت که تصاویر تعریف‌شده به کمک گرافیک برداری، از خطوط و منحنی‌هایی به نام بردار تشکیل شده‌اند که به صورت ریاضی تعریف می‌شوند. اجزای این تصاویر را می‌توان بدون از دست دادن کیفیت آن‌ها به راحتی جابه‌جا کرد و تغییر داد. این تصاویر مستقل از رزولوشن هستند و می‌توان آن‌ها را بزرگ و کوچک کرد و در هر رزولوشن بدون از دست دادن جزئیات و وضوح چاپ کرد (Lopes et al., 2019). در مطالعات همچنین اشاره شده است که گرافیک برداری امکان دست‌کاری آسان و تغییر در اجزای تصاویر را بدون از دست دادن کیفیت فراهم می‌کند. به علاوه، نشان می‌دهد که گرافیک‌های برداری مستقل از وضوح هستند و می‌توانند با هر وضوحی بزرگ‌تر، کوچک‌تر و بدون از دست دادن جزئیات چاپ شوند (Li et al., 2020).

برخلاف فرمت تصاویر بیت مپ^۲ و گرافیک شطرنجی، فرمت گرافیک برداری برای تصویربرداری به طور گسترده در برنامه‌های آموزش هندسه و ریاضی به دلیل قابلیت‌های مقیاس‌بندی عالی آن استفاده می‌شود. فرمت گرافیک برداری معمولاً حاوی ترکیبی از منحنی‌های و همچنین زوایای تند مانند خطوط، دایره‌ها، چندضلعی‌ها و لبه‌ها هستند که به صورت منحنی‌های پارامتریک در قالب دیجیتال نشان داده می‌شوند. این روش به ما این امکان را می‌دهد که اشکال مختلف هندسی و ریاضی در قالب گرافیک برداری را به عنوان داده‌های متوالی در نظر بگیریم و نمایش فشرده و ثابت آن‌ها را به طور متناوب و راحت به

1. Vector Graphics (VG)

2. Bit Map (BM)

کار بگیریم (Fosco et al., 2020). طراحی و دست کاری تصاویر در گرافیک برداری از جمله شکل‌ها و نمادها توسط دانش‌آموزان امکان تعامل و درگیری با مفاهیم ریاضی را آسان‌تر می‌کند. آموزش ریاضی با گرافیک‌های برداری امکان استفاده از توپولوژی‌های متفاوت را ایجاد می‌کند و در مقایسه با شیوه معمولی (کشیدن تصاویر با مداد روی کاغذ) و آموزش گرافیک شطرنجی یک استراتژی یادگیری دوگانه معرفی می‌کند که از دو ویژگی بعد تصویر و بعد توالی استفاده می‌کند (Guntur & Setyaningrum, 2021). برخی از آموزش‌دهندگان ترجیح می‌دهند که عمدتاً با گرافیک برداری به جای روش‌های دیگر کار کنند، زیرا بردارها به بهترین وجه با هندسه منحنی مطابقت دارند و زیبایی‌شناسی بالاتری را در نتیجه نهایی خود ارائه می‌دهند (Li et al., 2020). در حالی که این زیبایی و مقیاس‌پذیری دو دلیل برای موفقیت گرافیک برداری است، مزیت دیگر این روش، دقت است. طرح‌های گرافیک برداری اطلاعات مربوط به هر عنصر گرافیکی را ذخیره می‌کنند و این اطلاعات در مقایسه با پیکسل‌ها (گرافیک شطرنجی)، طراحی اشکال را در سطح بالاتری ارائه می‌کند (Warner et al., 2023).

با استفاده از گرافیک برداری، دانش‌آموزان می‌توانند به صورت پویا مفاهیم برداری مانند جمع، تفریق، ضرب، نقطه‌ها و خطوط متقاطع، طرح بردار، میدان‌های برداری، و عملیات دیگر را به عنوان درک شهودی از مفاهیمی مانند جمع، تفریق و ضرب، دریافت کنند. همچنین، استفاده از این نرم‌افزار امکان کاوش در اشکال هندسی را فراهم می‌کند که درک عمیق‌تر و شهود ریاضی را تسهیل می‌کند (Zulnaldi et al., 2020). آموزش با گرافیک برداری به فراگیران اجازه می‌دهد تا بردارها را با تنظیم جهت، بزرگی و موقعیت آن‌ها دست کاری کنند و تغییرات حاصل را در موقعیت‌های بلادرنگ مشاهده کنند. این رویکرد عملی بازخورد فوری را فراهم می‌کند که در افزایش انگیزش و تثبیت یادگیری مؤثر است (Maćkowski et al., 2022). محاسبات و حل مسئله در ریاضیات برای بسیاری از دانش‌آموزان دشوار است. در بیشتر مباحث ریاضی هم تمرکز دیداری و هم پردازش شناختی بالایی نیاز هست تا فراگیران مطالب را یاد بگیرند؛ بنابراین درک مفاهیم و اشکال با وضوح دیداری بالا و در کنار آن قابلیت دست کاری و انتقال اشکال و متن در افزایش انگیزش و یادگیری ریاضی نقش دارد (Shukla et al., 2023). گرافیک برداری مقیاس‌پذیر دارای دو ویژگی است که برای آموزش ریاضیات و یادگیری آن کمک می‌کند. اندازه

شکل و متن در گرافیک برداری می‌تواند آن‌قدر گسترش یابد تا کل منطقه دید یک مانیتور کامپیوتر یا هر بخشی از آن را پر کند. علاوه بر اندازه اصلی، اکثر نمایشگرهای گرافیک برداری دارای ویژگی بزرگنمایی بیشتر نیز هستند در حالتی که تصویر را می‌توان بدون کاهش وضوح بزرگ کرد. همچنین توانایی دست‌کاری متن در یک تصویر گرافیک برداری هم‌زمان همراه با ارائه شفاهی همان متن ممکن است برای آموزش ریاضی در دانش‌آموز توجه و انگیزه بیشتری ایجاد کند (Cai et al., 2024).

با توجه به پیشرفت ابزارهای مختلف چندرسانه‌ای و محتوای تعاملی آن‌ها و از طرفی ضعف‌های آموزش سنتی در ایجاد انگیزه برای یادگیری کاربرد این ابزارها بیشتر قابل توجه شده است و از طرفی استفاده از این ابزارهای کاربردی به معلمان در انتقال مطالب و افزایش انگیزه و کیفیت یادگیری مطالب کمک زیادی می‌کند (اکبری احمدسرایی و همکاران، ۱۳۹۷). با در نظر گرفتن اهمیت ابزار چندرسانه‌ای در بهبود آموزش ریاضی، پژوهش حاضر در پی بررسی این سؤال است که آیا روش گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی درس ریاضی دانش‌آموزان ابتدایی مؤثر است؟

پیشینه پژوهش

استفاده از گرافیک برداری برای افزایش کیفیت یادگیری رو به افزایش است ولی پژوهش‌های منسجم در مورد اثرات این ابزار اندک است و انجام مطالعات مختلف در این حوزه ضرورت دارد (Lovato & Waxman, 2016). طهماسبی‌فرد و عبادی (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی تأثیر نرم‌افزار چندرسانه‌ای طراحی شده علوم تجربی بر انگیزش تحصیلی و یادگیری دانش‌آموزان پرداختند. نتایج نشان داد که نرم‌افزار چندرسانه‌ای آموزش علوم تجربی موجب افزایش انگیزش تحصیلی و یادگیری دانش‌آموزان گردیده است. همچنین آموزش علوم تجربی از طریق چندرسانه‌ای طراحی شده بر انگیزش درونی و بیرونی تأثیر مثبت داشت. Reddy و همکاران (2021) در مطالعه خود تأکید کردند که گرافیک‌های برداری برای نمایش فونت‌ها، آرم‌ها، آثار هنری دیجیتال و طرح‌های گرافیکی استفاده می‌شود. درحالی‌که کارهای مختلفی بر روی الگوریتم‌های تولیدی برای تصاویر شطرنجی متمرکز شده است، تعداد کمی از گزینه‌ها برای گرافیک برداری وجود دارد. این محققان نشان دادند می‌توان گرافیک‌های برداری پیچیده با توپولوژی‌های مختلف تولید کرد که به نظارت غیرمستقیم از تصاویر آموزش نیاز دارد و می‌تواند در آموزش هنر و معماری

کاربردی باشد. Li و همکاران (2020) در یک مطالعه یک تکنیک تحلیلی و یک تکنیک سریع‌تر مبتنی بر نمونه‌گیری چندگانه در گرافیک برداری را بررسی کردند و نشان دادند این روش می‌تواند تصاویر با کیفیت بالا را در حین محاسبه زوایای مختلف برای هر پیکسل با توجه به پارامترهای منحنی ارائه دهد. این محققان نشان دادند که یک ویرایشگر گرافیک برداری که با معیارهای تصویر هدایت می‌شود، یک الگوریتم ترسیم نقاشی را با یک تصویر متناسب می‌کند. الگوریتم‌های ویرایش گرافیک برداری جدید در بهبود رسم زوایای هندسی، قوس‌های هندسی و فضاهای سه‌بعدی مؤثر است و در آموزش نقاشی مؤثر و کاربردی است. Viberg و همکاران (2023) در پژوهشی به بررسی استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در آموزش ریاضیات پرداختند و دلایل عدم استفاده معلمان از فناوری‌های آموزشی را در آموزش ریاضی موردبررسی قرار داده‌اند. آن‌ها برای این موضوع کمبود زمان کافی در برنامه مدارس برای استفاده از پروژه‌های فناورانه؛ فرصت‌های آموزشی ناکافی معلمان برای پروژه‌های فناورانه؛ پشتیبانی فنی ناکافی برای این پروژه‌ها؛ کمبود دانش درباره راه‌های به‌کارگیری فناوری در ارتقاء برنامه‌ها؛ مشکل در یکپارچه‌سازی استفاده مختلف ابزار فناورانه در یک درس واحد را عنوان کردند. Al-Haj Bedar and Al-Shboul (2020) در یک مطالعه تأثیر به‌کارگیری رویکرد تلفیقی علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات بر انگیزه دانش‌آموزان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که آموزش تلفیقی بر انگیزه دانش‌آموزان مؤثر است. حسین بگلو و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی تأثیر طراحی چندرسانه‌ای آموزشی نشان دادند که طراحی چندرسانه‌ای بر یادگیری و انگیزه پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مؤثر است و می‌توان از آن به‌عنوان ابزاری در یادگیری استفاده کرد. Saravanakumar (2021) در پژوهشی به بررسی تأثیر روش آموزش چندرسانه‌ای بر عملکرد تحصیلی و یادگیری ریاضی پرداخت. نتایج این مطالعه آزمایشی نشان داد که روش چندرسانه‌ای نسبت به روش سنتی بر عملکرد یادگیری ریاضی دانش‌آموزان مؤثرتر است. در راستای نتایج مطالعات مختلف که مورد اشاره قرار گرفتند، Fabianm و همکاران (2018) نیز تأکید دارند که یادگیری چندرسانه‌ای برای کمک به فراگیران با انواع اطلاعات مانند متن، تصاویر، صدا، ویدئو یا انیمیشن به بهبود بازنمایی ذهنی در آن‌ها کمک می‌کند. So و همکاران (2019) نیز اشاره می‌کنند که ابزار چندرسانه‌ای قادر به بهبود یادگیری دانش‌آموزان از طریق افزایش تجسم محتوا و تعامل با کاربر هستند. با توجه به تأکید گاردنر

بر رشد هوش‌های چندگانه در دوران کودکی، از جمله نوآوری‌های این مطالعه در کنار استفاده از روش گرافیک برداری در آموزش ریاضی کودکان ابتدایی، می‌تواند برجسته کردن نقش هوش فضایی از طریق استفاده از ابزارهای گرافیکی در آموزش درس ریاضی باشد. نتایج پژوهش‌های مختلف (عظیم‌پور و همکاران، ۱۴۰۰؛ نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Birgin & Topuz, 2021؛ Zulnaldi et al., 2020) تأثیر استفاده از روش‌های آموزشی چندرسانه‌ای بر یادگیری ریاضی را مورد تأیید قرار داده‌اند. شکاف پژوهشی که در این زمینه وجود دارد این است که اکثر پژوهش‌ها بر روی دانش‌آموزان دبیرستانی و دانشجویان انجام شده و کاربرد نرم‌افزارهای گرافیکی از جمله گرافیک برداری در آموزش کودکان ابتدایی اندک بوده و این پژوهش‌ها نیز بیشتر خود یادگیری را مدنظر قرار داده و یادداری و انگیزش دانش‌آموزان کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، از این رو برای بررسی تأثیر آموزش از طریق گرافیک برداری بر ریاضی کودکان نیاز به پژوهش‌های بیشتری وجود دارد. همچنین در بررسی پیشینه بر اهمیت انگیزه دانش‌آموزان در درس ریاضی تأکید شده است (Al-Haj Bedar & Al-Shbou, 2020)، کمبود پژوهش در زمینه تأثیر گرافیک برداری بر انگیزش و یادداری درس ریاضی مشهود است. از سویی نتایج این پژوهش می‌تواند به معلمان در بهبود فرایند آموزش ریاضی کمک کند و کودکان نیز از اثرات این روش آموزشی بهره‌مند گردند. لذا هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی است.

روش

روش پژوهش حاضر از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل دانش‌آموزان دختر پایه پنجم ابتدایی شهر قهاوند در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بوده که تعداد آنان ۱۸۸ نفر بود که نمونه‌ای به حجم ۳۰ نفر (۱۵ نفر گروه آزمایش و ۱۵ نفر گروه کنترل) از این دانش‌آموزان با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند.

گروه آزمایش تحت آموزش به روش گرافیک برداری قرار گرفتند و گروه کنترل آموزش‌های معمول خود را دریافت نمودند. قبل از اجرای طرح از هر دو گروه آزمون‌های انگیزش تحصیلی و یادداری درس ریاضی به عمل آمد. گروه آزمایش طی ۸ جلسه تحت

آموزش به روش گرافیک برداری از طریق نرم افزار تصویرسازی با رایانه (آیلستریتور)^۱ قرار گرفتند و گروه کنترل آموزش های معمول را دریافت کردند. بعد از آموزش، از هر دو گروه آزمون های انگیزش تحصیلی و یادداری درس ریاضی اجرا شد. مسائل اخلاق در پژوهش مدنظر قرار گرفت و از این رو گروه کنترل نیز بعد از اتمام کار تحت آموزش گرافیک برداری قرار گرفت. ملاحظات اخلاقی از جمله اصل رازداری و اصل مشارکت آزادانه در پژوهش رعایت شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از شاخص های آمار توصیفی مانند میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد و نیز برای بررسی فرضیه پژوهش از تحلیل کوواریانس چند متغیره^۲ استفاده شد. جهت گردآوری داده ها از پرسشنامه انگیزش تحصیلی و برای بررسی میزان یادداری ریاضی نیز از آزمون محقق ساخته استفاده شده است.

پرسش نامه انگیزش تحصیلی: این ابزار توسط Harter (1981) برای سنجش انگیزش تحصیلی در بین دانش آموزان تدوین شده است. این پرسشنامه دارای ۳۳ سؤال و ۲ مؤلفه انگیزش درونی و بیرونی است و بر اساس طیف پنج گزینه ای لیکرت به سنجش انگیزش تحصیلی می پردازد. هر سؤال دارای ۵ امتیاز است که تقریباً همیشه امتیاز ۵ و هیچ وقت امتیاز ۱ را دارد. سؤالات ۳، ۴، ۵، ۹، ۱۰، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۷ و ۳۱ معکوس نمره گذاری می شوند. با جمع کردن نمره همه گویه ها نمره کل انگیزش تحصیلی به دست می آید. دامنه نمرات این ابزار بین ۳۳ تا ۱۶۵ است. تحلیل عوامل مقیاس اصلاح شده هارتر را Lapper و همکاران (2005) انجام داده و نشان دادند که بارهای عاملی هریک از سؤال ها در این تحلیل ۰/۴ یا بیشتر به دست آمد. همچنین پایایی به روش بازآزمایی بعد از ۶ هفته، همبستگی مثبت بالایی ($r = 0.74$, $p < 0.01$) را بین دو مرحله اجرای آزمون نشان داد (Lapper et al., 2005). در مطالعه بحرانی (۱۳۸۸) روایی سازه از طریق محاسبه همبستگی هر سؤال با نمره کل مقیاس بین ۰/۳۰ تا ۰/۷۸ به دست آمد که در سطح ۰/۰۱ معنادار بود. ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده برای این پرسشنامه ۰/۸۵ برآورد شد (بحرانی، ۱۳۸۸). پایایی پرسشنامه انگیزش تحصیلی نیز در پژوهش حاضر توسط پژوهشگر با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۱ به دست آمد که نشان دهنده پایایی قابل قبول این پرسشنامه بود.

آزمون محقق ساخته یادداری ریاضی: جهت اندازه گیری یادداری ریاضی کودکان مورد بررسی از آزمون محقق ساخته استفاده شد. این آزمون پس از تهیه جدول مشخصات

1. Illustrator

2. Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA)

درس ریاضی (پایه پنجم ابتدایی) از سوی پژوهش‌گر و با کمک معلم ریاضی ساخته شد. بر اساس کتاب ریاضی پایه پنجم ۲۰ سؤال با توجه به جدول عنوان و محتوای درس تهیه شد که جمع پاسخ‌های صحیح به همه سؤالات و حداکثر نمره این آزمون ۲۰ بود. سؤالات این آزمون به شکل چندگزینه‌ای طراحی شد و نمره‌گذاری این آزمون بدین صورت بود که جمع نمره پاسخ‌های درست به عنوان معیار یادداری درس ریاضی دانش آموز محسوب شد. ضریب روایی محتوایی^۱ آزمون ساخته شده با استفاده از نظر اساتید علوم تربیتی و معلمان ریاضی (۴ استاد علوم تربیتی و ۳ معلم ریاضی) با فرمول لاوشه^۲ بررسی و همبستگی بین نظرات متخصصان ۰/۹۱ به دست آمد ($CVR=0/91$). با توجه به این که نمره‌گذاری آزمون بدین شکل بود که به گزینه درست نمره تعلق می‌گرفت بنابراین برای محاسبه پایایی آزمون نیز از روش کودر ریچاردسون^۳ ($KR 20$) استفاده شد که ضریب پایایی برای آزمون یادداری ریاضی ساخته شده ۰/۷۴ به دست آمد.

روش اجرا: برنامه آموزش گرافیک برداری شامل ۴ هفته، هفته‌ای دو جلسه به مدت ۴۵ دقیقه برگزار شد و تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ایلوستریتور و در قالب پاورپوینت تدریس شد و شرح جلسات آموزشی در ادامه ارائه شده است.

در جلسه اول، آشنایی با دانش‌آموزان از طریق نرم‌افزار شاد و ارائه توضیحاتی در زمینه کار پژوهش، اجرای پیش‌آزمون، ارائه مبحث تعداد زاویه و نیمساز از طریق پاورپوینت و عکس‌ها که از نرم‌افزار ایلوستریتور^۴ استفاده شد. زوایای مختلف مانند ۳۶۰ درجه، ۹۰ درجه، ۱۲۰ درجه و غیره با رسم نیمسازها به طور واضح با بزرگنمایی تصاویر و انتقال دادن خطوط و جابجا کردن آن‌ها و دوباره سر جای خود قرار دادن و همچنین استفاده از رنگ‌های مختلف برای هر زاویه و نیمساز این مبحث آموزش داده شد. جلسه دوم شامل یادآوری مباحث اعداد اعشاری که شامل معرفی اعداد اعشاری و نمایش اعداد روی محور و مقایسه اعداد اعشاری بود. برای رسم و نشان دادن اعداد روی محور از چارت‌های مقایسه‌ای در نرم‌افزار استفاده شد که همه اعداد با اعشار به طور درشت و با تغییر رنگ اعداد برای وضوح بیشتر نمایش داده شد. جلسه سوم شامل آموزش جمع و تفریق اعداد اعشاری بود. در این

1. Content Validity Ratio (CVR)

2. Lawshe

3. Kuder-Richardson

4. illustrator

جلسه برای آموزش جمع و تفریق از جدول، شکل‌های هندسی و اشکال مختلف استفاده شد و همچنین برای جمع کردن یا تفریق کردن انتقال اشکال و جابجایی مدنظر قرار گرفت که با فراگیران می‌توانستند این عمل را تکرار کنند. جلسه چهارم شامل معرفی صدم و هزارم در اعداد اعشاری و نمایش صدم و هزارم روی محور اعداد بود. جلسه پنجم شامل جمع اعداد اعشاری و استفاده از جدول ارزش مکانی برای جمع اعداد بود. جلسه ششم شامل تفریق اعداد اعشاری و استفاده از جدول ارزش مکانی بود. در این جلسه در کنار استفاده از نمودار بصری برای نمایش اعداد با وضوح و رنگ مناسب، از صداهای متنوع نیز برای انتخاب، انتقال و جایگذاری اعداد در مکان‌های مربوطه استفاده شد به‌طوری که یادگیری ریاضی با آهنگ و صدای خاص برای هر یک از عملیات جمع یا تفریق و ... انجام شد. جلسه هفتم شامل بررسی نیمساز و زاویه که در حد آشنایی اولیه دانش‌آموزان با زاویه و نیمساز و آشنایی با انواع زاویه‌ها بود. جلسه هشتم شامل جمع‌بندی و اجرای پس‌آزمون بود. شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف استاندارد استفاده شده و نیز برای بررسی سؤال پژوهش از تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده شده است. همه تحلیل‌ها توسط بسته آماری برای علوم اجتماعی^۱ نسخه ۲۷ انجام شد.

یافته‌ها

نمونه پژوهش شامل ۳۰ نفر از دانش‌آموزان دختر پایه پنجم ابتدایی با میانگین و انحراف معیار سنی (گروه آزمایش $11/23 \pm 0/14$ و گروه کنترل $11/14 \pm 0/18$) بود. ابتدا میانگین نمرات انگیزش تحصیلی و یادداری در درس ریاضی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کنترل و آزمایش در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که نمرات پس‌آزمون متغیرها در گروه آزمایش نسبت به پیش‌آزمون افزایش یافته است ولی در گروه کنترل تفاوت زیادی مشاهده نمی‌شود.

1. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار یادداری و انگیزش تحصیلی در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون			پس‌آزمون		
		تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار
یادداری	آزمایش	۱۵	۱۲/۸۶	۲/۱۴	۱۵	۱۵/۹۳	۲/۵۷
	کنترل	۱۵	۱۳/۱۹	۱/۶۱	۱۵	۱۳/۵۳	۱/۸۷
انگیزش تحصیلی	آزمایش	۱۵	۱۱۲/۶۳	۱۲/۶۵	۱۵	۱۳۱/۶۷	۱۲/۴۳
	کنترل	۱۵	۱۱۴/۳۳	۱۴/۵۹	۱۵	۱۱۶/۲۷	۱۵/۷۷

برای بررسی اثربخشی گرافیک برداری بر انگیزش تحصیلی و یادداری در درس ریاضی از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. ابتدا پیش‌فرض‌های آن مورد آزمون قرار گرفت که نتایج این پیش‌فرض‌ها در ادامه ارائه شده است. نرمال بودن توزیع نمرات با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنف بررسی شد. نتایج آزمون کلموگروف در مورد متغیرها نشان داد که دارای توزیع نرمال هستند ($P > 0/05$). بررسی خطی بودن رابطه بین متغیرهای یادگیری و درگیرسازی با استفاده از نمودار پراکندگی در دو گروه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نمودارها نشان داد رابطه بین متغیرها خطی است. فرض همگنی شیب‌های رگرسیون توسط مقایسه شیب‌های خط رگرسیون در دو گروه و محاسبه مقدار F و سطح معنی‌داری آن بررسی شد. با توجه به اینکه که مقدار F به دست آمده تعامل گروه و پیش‌آزمون برای یادداری ($F=1/22, P=0/211$) و انگیزش تحصیلی ($F=0/75, P=0/397$) و سطح معناداری بالاتر از $0/05$ به دست آمد، بنابراین فرض همگنی شیب‌های رگرسیون تأیید می‌شود. آزمون لوین^۱ نیز برای تعیین همگنی واریانس‌ها اجرا شد که تفاوت معنی‌داری در واریانس نمرات یادداری ($F=2/64, P=0/174$) و انگیزش تحصیلی ($F=0/28, P=0/736$) مشاهده نگردید و سطح معنی‌داری مقدار F بالاتر از $0/05$ بود ($P > 0/05$). پیش‌فرض ماتریس کوواریانس نیز با آماره‌ام. باکس^۲ بررسی شد که مقدار آماره‌ام. باکس برابر با $10/56$ به دست آمد که سطح معنی‌داری بالاتر از $0/01$ بود ($F=1/14, P=0/287$) بنابراین فرض همگنی ماتریس کوواریانس پذیرفته می‌شود. با توجه به تأیید مفروضه‌های تحلیل کوواریانس چند متغیره،

1. Levene's test

2. Box's M test

برای بررسی اثربخشی گرافیک برداری بر یادداری و انگیزش تحصیلی ابتدا مقدار لامبدای ویلکز مورد توجه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون‌های چند متغیره روی نمرات پس‌آزمون یادگیری و درگیرسازی تحصیلی با کنترل نمرات پیش‌آزمون

شاخص	ارزش	مقدار F	درجه آزادی فرضیه	خطای درجه آزادی	سطح معنی‌داری
لامبدای ویلکز	۰/۵۷	۹/۳۸	۲	۲۵	۰/۰۰۱

با توجه به اطلاعات جدول ۲ مشاهده می‌شود که مقدار F به‌دست آمده در آماره لامبدای ویلکز ۹/۳۸ است که سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ است ($P=0/001$)، بنابراین در میانگین نمرات ترکیبی یادداری و انگیزش تحصیلی، بین دو گروه کنترل و آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود دارد. برای پی بردن به این که تفاوت مربوط به کدام یک از متغیرهای وابسته (یادداری و انگیزش تحصیلی) بین دو گروه معنی‌دار است، تحلیل کوواریانس مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس روی نمرات پس‌آزمون یادگیری و درگیرسازی تحصیلی

متغیر	عامل	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذور سهمی اتا
یادداری	گروه	۱۹۸/۸۳	۱	۱۹۸/۸۳	۱۰/۴۶	۰/۰۰۳	۰/۲۸
	خطا	۴۹۶/۰۳	۲۶	۱۹/۰۱			
انگیزش تحصیلی	گروه	۹۴۲/۲۸	۱	۹۴۲/۲۸	۱۸/۶۶	۰/۰۰۱	۰/۴۷
	خطا	۱۳۱۲/۵۱	۲۶	۵۰/۴۸			

با توجه به نتایج تحلیل کوواریانس در جدول ۴، در مورد یادداری، مقدار F به‌دست آمده ۱۰/۴۶ است و سطح معنی‌داری پایین‌تر از ۰/۰۱ است؛ بنابراین تفاوت میانگین نمرات یادداری بین گروه کنترل و آزمایش معنی‌دار است و می‌توان گفت که آموزش گرافیک برداری بر افزایش یادداری درس ریاضی دانش‌آموزان تأثیر دارد و با توجه به مجذور اتا میزان این تأثیر ۲۸ درصد است. در مورد انگیزش تحصیلی، مقدار F به‌دست آمده ۱۸/۶۶ است و سطح معنی‌داری پایین‌تر از ۰/۰۱ است که نشان می‌دهد تفاوت میانگین نمرات

انگیزش تحصیلی بین گروه کنترل و آزمایش معنی‌دار است و می‌توان گفت که آموزش گرافیک برداری بر افزایش انگیزش تحصیلی درس ریاضی تأثیر دارد و با توجه به مجذور اتا میزان این تأثیر ۴۷ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر گرافیک برداری بر میزان یادداری و انگیزش تحصیلی در درس ریاضی دانش‌آموزان بود. نتایج نشان داد اثر گرافیک برداری بر میزان یادداری درس ریاضی دانش‌آموزان معنادار بود. این یافته با نتایج دلاوریان و همکاران (۱۳۹۹)، حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) و Saravanakumar (2021)، Artusi و همکاران (2019)، So و همکاران (2019) همخوانی دارد. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند، طراحی چندرسانه‌ای آموزشی بر یادداری دانش‌آموزان مؤثر است. آموزش ریاضی توسط گرافیک برداری نسبت به روش معمول و سنتی تأثیر بیشتری بر یادسپاری و درک مطلب دانش‌آموزان دارد. در گرافیک برداری تصاویر و اشکال به شکل جذاب‌تری ارائه شده و می‌توان از صدا، تصویر و حتی انیمیشن به شکل ترکیبی استفاده کرد که توجه فراگیران را بیشتر جلب می‌کند. بر اساس نظر Artusi و همکاران (2019) همچنین بازخوردهای یادگیری در این ابزار به شکل مناسبی ارائه می‌شود زیرا ابزار ایجاد محتوا، به‌ویژه در زمینه نوشتن و ویرایش محتوا در دسترس است. در زمینه دلایل احتمالی همسو بودن نتایج این مطالعه با پژوهش‌های قبلی می‌توان به این نکته اشاره کرد که گرافیک برداری به دانش‌آموزان در یادگیری ریاضی و افزایش درک مفاهیم ریاضی مؤثر است، زیرا مطالب ریاضی که با گرافیک برداری آموزش داده می‌شود ترکیبی از صدا، ویدیو، گرافیک، وسایل بصری و انیمیشن است که اثرگذاری آن بر حافظه و یادسپاری مطالب بیشتر می‌شود که در مطالعات قبلی نیز بر اهمیت چندرسانه‌ای بودن آموزش در یادگیری ریاضی تأکید شده است. آموزش با استفاده از نگاره‌سازی برداری موجب می‌شود تا دانش‌آموز بهتر بتواند از مطالب آموزش داده‌شده تصویرسازی ذهنی داشته باشد و تا مدت بیشتری تصاویر ذهنی شکل گرفته در حین آموزش را در ذهن خود نگاه دارد. آموزش با استفاده از چندرسانه‌ای‌ها و در اینجا نگاره‌سازی موجب می‌شود تا یادگیری مطالب عمیق و معنادار باشد و مطالبی که به‌طور عمیق فرا گرفته می‌شوند، خیلی کمتر و دیرتر به فراموشی سپرده می‌شود و با کوچک‌ترین آموزش یادآوری می‌گردند.

در تبیین این نتایج طبق دیدگاه Mayer (2014)، می‌توان گفت که چندرسانه‌ای‌های آموزشی به دلیل تعاملی بودن و فراهم کردن زمینه‌ی تمرین و تکرار مطالب، سازمان‌دهی و منسجم ارائه دادن موضوعات و محتوا، زمینه را برای یادگیری‌های مطالب به صورت مفهومی و قابل تعمیم به زندگی روزانه فراهم می‌کند که ماندگاری آن‌ها را در حافظه، بالاتر می‌برد. موضوع استفاده از چندرسانه‌ای‌ها در آموزش، بسیار مورد بحث قرار گرفته است. چندرسانه‌ای‌ها توجه و علاقه یادگیرندگان را جلب می‌کنند، یادگیری را سریع‌تر، مؤثرتر و پایدارتر می‌کنند، تجارب واقعی، عینی و حقیقی‌ای را در اختیار یادگیرندگان قرار می‌دهند که کسب آن‌ها از راه‌های دیگر امکان‌پذیر نیست هم‌چنین آموزش مبتنی بر چند رسانه‌ای‌ها می‌تواند به درک مطلب و یادداری دانش‌آموزان کمک کند. هم‌چنین در بحث و تبیین نتایج به دست آمده می‌توان اشاره کرد که گرافیک برداری، شامل استفاده از تصاویر (رسانه‌ها) با موارد مرتبط با محتوای یادگیری است. گرافیک برداری، یادگیرنده را در مسیر یادگیری فعال‌تر و محتوا را جالب‌تر می‌کند که این شیوه باعث توجه و تمرکز بیشتر بر مطالب و یادگیری و یادسپاری بهتر می‌شود. این شیوه آموزش موقعیت‌های تعاملی بیشتری را در یادگیری برای دانش‌آموزان ایجاد کرده و اشتیاق آنان را برای درک مطالب و یادسپاری بهبود می‌بخشد. وقتی از گرافیک برداری در محتوای آموزشی استفاده می‌شود ترکیبی از ویژگی‌های بصری-شنیداری و حرکتی بکار گرفته می‌شود که موجب جلب توجه بیشتر دانش‌آموز و استفاده بیشتر از ظرفیت یادگیری چند حسی می‌شود. به کارگیری ظرفیت چند حسی در درک عمیق‌تر و یادداری بیشتر مطالب نقش مهمی دارد. از سوی دیگر ماهیت درس ریاضی به گونه‌ای است که بخش مهمی از آن مرتبط با ترسیم اشکال هندسی و نمایش تغییر جهت خطوط و نیازمند استفاده از ابزارهای کامپیوتری با کیفیت برای ترسیم و آموزش این اشکال و خطوط است. استفاده از نگاره‌سازی برداری در انتقال مفاهیم و تدریس بهتر ریاضی به معلم کمک می‌کند و منجر به درک و یادداری بهتر مطالب می‌شود.

یافته دیگر پژوهش نشان داد که اثر تدریس با کمک تصاویر گرافیک برداری بر میزان انگیزه تحصیلی در ریاضی دانش‌آموزان معناداری است. این یافته با نتایج حسین بگلو و همکاران (۱۳۹۸)، اکبری احمدسرایی و همکاران (۱۳۹۷)، طهماسبی فرد و عبادی (۱۳۹۷)، Chiu و همکاران (2020) و Al-Haj Bedar and Al-Shboul (2020) همخوانی دارد. در تبیین دلایل احتمالی همسو بودن یافته‌های این مطالعه با پژوهش‌های قبلی می‌توان اشاره کرد

که پژوهش‌های پیشین نیز نشان دادند، تدریس ریاضی با استفاده از نرم‌افزار آموزشی تأثیر بیشتری بر انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان در مقایسه با روش‌های سنتی دارد. درواقع هم در این مطالعه و هم کارهای قبلی مشخص شده است که استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات، موقعیت مشارکتی برای یادگیری محتویات را فراهم می‌کند و بر افزایش انگیزه یادگیری مؤثر هستند.

در تبیین این یافته‌ها می‌توان بر اساس مطالعه Ingram و همکاران (2016) گفت گرافیک برداری می‌تواند رسانه آموزشی مؤثر دریافت اطلاعات باشد، چون معلم را قادر می‌سازد اطلاعات را با رسانه‌های مختلف از طریق صدا، متن، انیمیشن، ویدیو و تصویر عرضه کند. ترکیبی از این رسانه‌های مختلف، محیط هیجان‌انگیزی برای یادگیری و حفظ اطلاعات دریافت شده فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، چندرسانه‌ای، زمینه مناسب را برای تکمیل تلاش‌های معلم به منظور جلب توجه، افزایش انگیزه و متقاعد کردن فرد فراهم می‌کند. استفاده از گرافیک برداری به خاطر به نمایش گذاشتن تصاویر با گرافیک بالا و ترکیب خطوط و اشکال، برای دانش‌آموزان جذابیت بالایی دارد. Chiu و همکاران (2020) اشاره می‌کنند که استفاده از کامپیوتر در آموزش، کلاس درس را از حالت عادی خارج می‌کند و موجب افزایش علاقه و انگیزه دانش‌آموزان می‌گردد. استفاده از این ابزارها موجب می‌شود تا دانش‌آموزان در فرایند یادگیری مشارکت بیشتری داشته باشند و کمتر احساس خستگی کنند و انگیزه بالاتری برای یادگیری مطالب داشته باشند و همچنین یادگیری مطالب نیز در تقویت انگیزه مؤثر عمل می‌کند. از سوی دیگر تصویرسازی ذهنی مطالب موجب می‌شود تا حتی ساعت‌ها بعد از اتمام تدریس، همچنان ذهن دانش‌آموزان با مطالب درگیر باشد. بدین ترتیب آموزش از طریق گرافیک برداری در نگهداری مطالب در ذهن دانش‌آموزان در مطالب ریاضی مؤثر است.

طبق نظر Artusi و همکاران (2019) استفاده از گرافیک برداری این امکان را به معلم می‌دهد تا اطلاعات را با ترکیبی از رسانه‌های مختلف (دیداری و شنیداری)، محیط جذاب‌تری برای یادگیری و حفظ اطلاعات دریافت شده فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، چندرسانه‌ای، زمینه مناسب را برای بهبود آموزش معلم در زمینه جلب توجه و افزایش انگیزش دانش‌آموزان فراهم می‌کند. در این شیوه وجود تصاویر مختلف از دلایل جذابیت محیط یادگیری است. ارائه محتوا و اطلاعات در ابزارهای آموزشی چندرسانه‌ای می‌تواند

در قالب اشکال گرافیکی مانند عکس، نقاشی و طراحی‌های جذاب باشد. برنامه‌های کاربردی قدرتمند برای طراحی و ارائه گرافیک‌های رایانه‌ای مانند فتوشاپ تأثیر زیادی بر کیفیت طراحی تصاویر در فرآورده‌های چندرسانه‌ای ایجاد کرده که بر افزایش انگیزه فراگیران برای یادگیری مطالب مؤثر است. ماهیت تعاملی چندرسانه‌ای یادگیری را جذاب‌تر نشان می‌دهد، زیرا تعامل با ابزار و محتوا، انگیزه یادگیری را در کودکان افزایش داده و باعث فعال‌تر شدن آن‌ها در یادگیری مطالب می‌شود. Hilton (2018) بیان می‌کند که وقتی از محتوای چندرسانه‌ای استفاده می‌شود، فراگیران بیشتر به برنامه‌ها توجه می‌کنند و انگیزه آن‌ها برای یادگیری افزایش می‌یابد. Lindahl and Folkesson (2012) تأکید دارند که در درس ریاضی ابتدایی از تصاویر و خطوط و شکل‌های متنوع برای درک بهتر موضوع استفاده شده است. از طرفی در این اشکال و تصاویر به رنگ‌های اصلی نیز اهمیت داده شده و بر این اساس، در محتوای ریاضی در گرافیک برداری شکل‌ها و تصاویر با رنگ‌های اصلی و ارائه تصاویر با کیفیت و وضوح بالا ارائه شده که جذابیت موضوع را بیشتر کرده و به‌طور مؤثری توجه کودکان را جلب کرده که این موضوع در محتوای ابزار گرافیک برداری در افزایش انگیزه دانش‌آموزان نسبت به مطالب ریاضی مؤثر است.

یادگیری محتوای درس ریاضی با توجه به انتزاعی و مفهومی بودن برای دانش‌آموزان ابتدایی که در سطح رشد عینی هستند چالش ایجاد می‌کند (Shukla et al., 2023). از طرفی گرافیک برداری نشان داده است که دارای ویژگی‌های قابل اجرا برای فناوری‌های کمکی در حوزه آموزش است. در مورد تأثیر گرافیک برداری در آموزش ریاضی می‌توان اشاره کرد که یک گرافیک برداری از یک عبارت ریاضی وارد شده توسط فراگیر بر روی تمام صفحه نمایشگر رایانه ارائه شده و سپس می‌تواند بدون از دست دادن وضوح، ۱۶ برابر بزرگنمایی شود. علاوه بر این، برنامه ایلوستریتور در زمان آموزش، امکان دست‌کاری یک عبارت ریاضی را که به‌عنوان یک تصویر ارائه می‌شود، می‌دهد. بر این اساس دانش‌آموزان اجزاء عبارت ریاضی را از طریق رویدادهای صفحه کلید برجسته می‌کنند. این تعامل بین کاربر و متن، به‌ویژه اگر با یک ترکیب شنیداری هماهنگ همراه باشد، این پتانسیل را دارد که مزایای کاربردهای چندحسی و چندرسانه‌ای را در کمک به دانش‌آموز افزایش دهد و از این طریق بر یادگیری ریاضی نیز می‌تواند نقش مؤثری داشته باشد.

بر اساس یافته‌های پژوهش تدریس با کمک گرافیک برداری بر میزان یادداری و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضی، تأثیر دارد. گرافیک برداری به‌عنوان یک ابزار چندرسانه‌ای در ایجاد جذابیت و افزایش انگیزه فراگیران در یادگیری محتوای مطالب مؤثر است و استفاده از این ابزار به معلمان کمک می‌کند که یادگیری را به‌صورت تعاملی و مشارکتی ارائه کنند. استفاده از تصاویر و اشکال هندسی با رنگ‌های مختلف و اندازه‌های متنوع تصاویر با کیفیت بالا باعث جذابیت بیشتر مطالب شده و انگیزه کودکان در یادداری مطالب ریاضی را افزایش می‌دهد. استفاده از گرافیک برداری همچنین امکان برخورداری از موقعیت‌های کاربردی و ارتباطی را در کلاس برای دانش‌آموزان فراهم می‌آورد و انگیزه آنان را برای یادگیری تقویت می‌کند. به‌طور کلی در طراحی گرافیک برداری ویژگی‌های رابطه‌ای مانند هم‌ترازی، نظم‌دهی و اندازه‌سازی به‌گونه‌ای است تا به‌طور مؤثر توجه بینندگان را نسبت به اطلاعات کلیدی جلب می‌کند. این فرآیند شامل تغییر اندازه و جابجایی بسیاری از اشیاء و احتمالاً افزودن یا حذف موارد مختلف است. بر این اساس آموزش ریاضی با گرافیک برداری اغلب این فرصت را برای فراگیران ایجاد می‌کند که یک محتوای آموزشی را به شکل‌های مختلف و به‌راحتی تمرین کنند و با تغییر رنگ، ابعاد، خطوط و ... تسلط و انگیزه بالاتری نسبت به یادگیری مطالب داشته باشند.

از جمله محدودیت‌های انجام این پژوهش می‌توان به محدود بودن به روش نمونه‌گیری در دسترس و محدودیت حجم نمونه اشاره کرد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی از نمونه بزرگ‌تر استفاده شود. در سایر پایه‌های تحصیلی نیز تأثیر این ابزار مورد بررسی قرار گیرد. توجه به تأثیر گرافیک برداری بر انگیزه و یادداری دانش‌آموزان در درس ریاضی می‌تواند در آموزش مطالب ریاضی از این روش بهره‌گرفت و برای بهبود استفاده از این روش معلمان می‌توانند از آن در تدریس ریاضی استفاده کنند.

مشارکت نویسندگان

قسمت ایده‌پردازی و عنوان مطالعه: سید رسول عمادی و شیوا فضل‌ی، جمع‌آوری منابع و داده‌ها: شیوا فضل‌ی، تدوین نسخه اولیه مقاله: شیوا فضل‌ی، اصلاح و تدوین نسخه نهایی مقاله: سید رسول عمادی.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافع ندارند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم تربیتی دانشگاه بوعلی سینا است. از همه دانش آموزان و معلمان که در این مطالعه همکاری نموده اند قدردانی می گردد.

منابع

- اکبری احمدسرایی، حسین، مقامی، حمیدرضا، و مهدوی نسب، یوسف. (۱۳۹۷). تأثیر چندرسانه‌ای آموزشی بر درک مفهوم و حل مسئله ریاضی دانش آموزان. *فناوری آموزش و یادگیری*، ۴(۱۴)، ۵۱-۲۳. <https://doi.org/10.22054/jti.2020.49991.1300>
- باوی، علی. (۱۳۹۱). بررسی تأثیر آموزش از طریق نرم افزار چندرسانه‌ای بر عملکرد ریاضی دانش آموزان پسر حساب پریش شهرستان تهران. *یافته‌های نو در روان شناسی*، ۸(۲۵)، ۶۹-۵۵. <https://sid.ir/paper/175058/en>
- بحرانی، محمود. (۱۳۸۸). بررسی روایی و پایایی مقیاس انگیزش تحصیل هارتر. *فصلنامه مطالعات روان شناختی*، ۵(۱)، ۷۲-۵۱. <https://doi.org/10.22051/psy.2009.1591>
- تقی پور، بهنام، علی آبادی، خدیجه، و پور روستایی اردکانی، سعید. (۱۳۹۷). تأثیر چندرسانه‌ای آموزش محیط زیست بر میزان یادگیری و انگیزش پیشرفت تحصیلی دانش آموزان پایه سوم ابتدایی در مدارس سبز شهر تهران. *فصلنامه فن آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*، ۹(۲)، ۴۳-۲۷. <https://sanad.iau.ir/en/Journal/ictedu/Article/1007162>
- حسین بگلو، کوروش، پیری، موسی، یاری، جهانگیر، و رضایی، اکبر. (۱۳۹۸). طراحی آموزش چندرسانه‌ای مبتنی بر نظریه بار شناختی سوئلر و تعیین تأثیر آن بر درگیری تحصیلی و انتقال یادگیری درس ریاضی در فراگیران پایه سوم ابتدایی. *فصلنامه علمی پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی*، ۶(۴)، ۳۱-۴۴. <https://doi.org/10.30473/etl.2019.5792>
- حسین زاده، فاطمه، رستگارپور، حسن، محمدحسینی، نسرین، و سلیمی، ساسان. (۱۳۹۸). تأثیر طراحی چندرسانه‌ای آموزشی مبتنی بر اصول نظریه بازشناختی بر یادگیری، یادداری و انگیزه پیشرفت تحصیلی در درس ریاضی، *فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*، ۱۰(۲)، ۲۵-۵. <https://sanad.iau.ir/en/Journal/ictedu/Article/1006674>

- دلوریان، فرحناز، زارعی زوارکی، اسماعیل، شریفی درآمدی، پرویز، نوروزی، داریوش، و دلور، علی (۱۳۹۹). آموزش مبتنی بر فناوری و تأثیر آن بر انگیزش پیشرفت تحصیلی، یادگیری، و یادداری دانش‌آموزان کم‌توان ذهنی در درس زبان انگلیسی، فصلنامه کودکان/استثنایی، ۲۰(۳)، ۲۰-۵. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1399.20.3.7.2l>
- رستگارپور، حسین، و یداللهی، منیژه. (۱۳۸۹). تأثیر تصاویر گرافیکی پویا و ایستا بر یادگیری هندسه. فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی، ۱(۲)، ۷۶-۶۳. <https://www.magiran.com/p873295>
- طهماسبی فرد، حمیدرضا، و عبادی، سید حسین. (۱۳۹۷). مطالعه تأثیر چندرسانه‌ای‌ها بر انگیزش تحصیلی و یادگیری دانش‌آموزان در درس علوم تجربی. کنفرانس ملی دستاوردهای نوین جهان در تعلیم و تربیت، روان‌شناسی، حقوق و مطالعات فرهنگی اجتماعی. <https://www.sid.ir/paper/898019/fa>
- عظیم‌پور، سهراب، واحدی، شهرام، و غفوری، مرتضی. (۱۴۰۰). مقایسه تأثیر روش‌های آموزش با تصاویر گرافیکی پویا و ایستا بر نگرش و اضطراب هندسی دانش‌آموزان. راهبردهای شناختی در یادگیری، ۹(۱۶)، ۷۲-۵۷. <https://doi.10.22084/j.psychogy.2021.21560.2147>
- محمودی، فیروز، و برزگر، راضیه. (۱۳۹۶). تأثیر الگوی طراحی آموزشی دیک و کاری بر یادگیری، یادداری و انگیزش پیشرفت تحصیلی درس علوم تجربی، مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی درسی، ۷(۱)، ۹۷-۱۱۷. <https://doi.10.22099/jcr.2017.4204>
- نوروزی، داریوش، احمدزاده بیانی، احمد، و آقابراتی، نجمی. (۱۳۹۰). تأثیر آموزش چندرسانه‌ای بر میزان یادگیری و یادداری درس ریاضی دانش‌آموزان پسر درخودمانده. روان‌شناسی افراد/استثنایی، ۱(۴)، ۲۳-۵۱. https://jpe.atu.ac.ir/article_2113.html

References

- Akbari Ahmadsaraei, H., Maghami, H., & Mahdavi Nasab, Y. (2018). The effect of Educational Multimedia on understanding the concept and solving Mathematical Problems of Fifth Grade Students. *Educational Technologies in Learning*, 4(14), 23-51. <https://doi.org/10.22054/jti.2020.49991.1300> [In Persian]
- Al-Haj Bedar, R. W., & Al-Shboul, M. A. (2020). The Effect of Using STEAM Approach on Motivation Towards Learning Among High School Students in Jordan. *International Education Studies*, 13(9), 48-57. <https://doi.org/10.5539/ies.v13n9p48>
- Artusi, A., Banterle, F., Moreo, A., & Carrara, F. (2019). Efficient Evaluation of Image Quality via Deep-Learning Approximation of Perceptual Metrics. *IEEE Trans. Image Process*, 29, 1843-1855. <https://doi.org/10.1109/TIP.2019.2944079>
- Azimpour, S., Vahedi, S., & Fakhfour, M. (2021). A Comparison of the Effects of Teaching with Dynamic and Static Graphic Images Methods on Geometric

- Attitude and Anxiety of Students. *Biquarterly Journal of Cognitive Strategies in Learning*, 9(16), 57-72. <https://doi.10.22084/j.psychogy.2021.21560.2147> [In Persian]
- Bavi, A. (2012). The effect of using multimedia software on the mathematical performance of male students with dyscalculia in Tehran. *New Findings in Psychology*, 8(25), 55-69. <https://sid.ir/paper/175058/en> [In Persian]
- Birgin, O., & Topuz, F. (2021). Effect of the GeoGebra software-supported collaborative learning environment on seventh grade students' geometry achievement, retention and attitudes. *The Journal of Educational Research*, 114(5), 474-494. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1983505>
- Bohrani, M. (2009). The aim of this study was to investigate the Validity and Reliability of the revised form of Harter's Educational Motivation Scale. *Psychological Studies*, 5(1), 51-72. <https://doi.org/10.22051/psy.2009.1591> [In Persian]
- Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research – a systematic review of recent trends. *Computers & Education*, 114(3), 255–273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>
- Cai, M., Huang, Z., Li, Y., Ojha, U., Wang, H., & Lee, Y. J. (2024). Leveraging Large Language Models for Scalable Vector Graphics-Driven Image Understanding. *Computer Science*, 2, 22-33. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.06094>
- Chiu, T. K. F., & Mok, I. A. C. (2017). Learner expertise and mathematics different order thinking skills in multimedia learning. *Computers & Education*, 107(3), 147-164. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.008>
- Chiu, T. K. F., Jong, M. S., & Mok, I. A. C. (2020). Does learner expertise matter when designing emotional multimedia for learners of primary school mathematics? *Education Tech Research Dev*, (2020), 68, 2305–2320. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09775-4>
- Delavaryan, F., Zaraii Zavaraki, E., Sharifi Daramadi, P., Noroozi, D., Delavar, A. (2020). The Technology-Based Instruction and its Impact on Academic Achievement Motivation, Learning, and Retention of Students with Intellectual Disability in English Language. *JOEC*, 20 (3), 20-5. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1399.20.3.7.21> [In Persian]
- Ervinc, K. (2011). The Beliefs/Practice Connection in Broadly Defined Contexts, *Mathematics Education Research Journal*, 17(2), 39-68. <https://doi.org/10.1007/BF03217415>
- Fabian, K., Topping, K. J., & Barron, I. G. (2018). Using mobile technologies for mathematics: effects on student attitudes and achievement. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1119–1139. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9580-3>
- Guerrero, S. (2010). Technological pedagogical content knowledge in the mathematics classroom. *Journal of Digital Learning*, 26, 132–139. <https://doi.org/10.1080/10402454.2010.10784646>
- Guven, B. & Kosa, T. (2008). The effect of dynamic geometry software on student mathematics teachers' spatial visualization skills [Electronic Version]. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(4), 100-107.
- Hilton, A. (2018). Engaging primary school students in mathematics: can iPads make a difference? *Int. J. Sci. Math. Educ*, 16 (1), 145–165. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9771-5>
- Hoffler, T. N., & leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis [Electronic version]. Research group and graduate school on science education, Duisburg- Essen University. *Journal of Learning and Instruction*, 7, 722-738. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>

- Hosizadeh, F., Rastegarpour, H., Mohammadhasni, N., & Salimi, S. (2017). The impact of educational multimedia design based on the principles of cognitive load on learning, remember and educational progress motivation in math lesson. *Information and Communication Technology in Educational Sciences*, 38(10), 5-25. <https://sanad.iau.ir/en/Journal/ictedu/Article/1006674> [In Persian]
- Hussein Baglou, K., Piri, M., Yari, J., & Rezaei, A. (2019). Designing a Multimedia Instruction based on Sweller's Cognitive Load Theory And Determining Its Effect on the Engagement and Transfer of Math Learning among Third Grade Primary School Learners. *Research in School and Virtual Learning*, 6(4), 31-44. <https://doi.org/10.30473/etl.2019.5792> [In Persian]
- Ingram, N., Williamson-Leadley, S., & Pratt, K. (2016). Showing and telling: using tablet technology to engage students in mathematics. *Math. Educ. Res. J*, 28(1), 123-147. <https://doi.org/10.1007/s13394-015-0162-y>
- Kyza, E. A., & Georgiou, Y. (2019). Scaffolding augmented reality inquiry learning: The design and investigation of the Trace Readers location-based, augmented reality platform. *Interactive Learning Environments*, 27(2), 211-225. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1458039>
- Lapper, R., Corpus, J. H., & Iyengar, S. (2005). Intrinsic and extrinsic motivation in the classroom: Age differences and academic correlates, *Journal of Educational Psychology*, 97(2), 184-196.
- Li, T. M., Lukac, M., Gharbi, M., & Ragan-Kelley, J. (2020). Differentiable vector graphics rasterization for editing and learning. *ACM Transactions on Graphics*, 39(6), 1-15. <https://doi.org/10.1145/3414685.3417871>
- Li, T., Lukac, M., Gharbi, M., & Ragan-Kelley, J. (2020). Differentiable vector graphics rasterization for editing and learning. *ACM Transactions on Graphics*, 39(6), 1-15. <https://doi.org/10.1145/3414685.3417871>
- Lindahl, M. G., & Folkesson, A. M. (2012). ICT in preschool: friend or foe? The significance of norms in a changing practice. *International Journal of Early Years Education*, 20(4), 422-436. <https://doi.org/10.1080/09669760.2012.743876>
- Lopes, R. G., Ha, D., Eck, D., & Shlens, J. (2019). "A Learned Representation for Scalable Vector Graphics," 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Seoul, Korea (South), 2, 7929-7938.
- Lovato, S. B., & Waxman, S. R. (2016). Young children learning from touch screens: taking a wider view. *Frontiers in Psychology*, 7(3), 1078. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01078>
- Mahmoudi, F., & Barzegar, R. (2017). The effect of Dick & Carey instructional design model on learning, retention, and motivation for academic achievement in experimental science courses, *Journal of Curriculum Research*, 7(1), 117-97. <https://doi.org/10.22099/jcr.2017.4204> [In Persian]
- Mandernach, B. J. (2009). Effects of Instructor- Personalized Multimedia in the online Classroom. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 10(3), 1-19. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v10i3.606>
- Mayer, R. E. (2014). *Introduction to multimedia learning*. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 1-24). New York, NY: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_31
- Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2014). *Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles*. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 279-315). New York, NY:

- Cambridge University Press.
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139547369.015>
- Naik, N. (2015). The Use of GBL to Teach Mathematics in Higher Education. *International Journal of Innovations in Education and Teaching*, 54(3), 238-246. <https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1108857>
- Norozi, D., Ahmad Zade Bayani, A., & Agha Barati, N. (2012). Efficacy of multimedia teaching on learning and retention of arithmetic in autistic students. *Psychology of Exceptional Individuals*, 1(4), 23-52. https://jpe.atu.ac.ir/article_2113.html?lang=en [In Persian]
- Rastegar Pour, H., & Yadollahi, M. (2011). The Effect of Dynamic and Static Graphical Images on Learning of Geometry. *Information and Communication Technology in Educational Science*, 2, 63-76. <https://www.magiran.com/p873295> [In Persian]
- Reddy, P., Gharbi, M., Lukac, M., & Niloy J. M. (2021). *Im2Vec: Synthesizing Vector Graphics Without Vector Supervision*. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 7342-7351. <http://geometry.cs.ucl.ac.uk/projects/2021/Im2Vec/>
- Saravanakumar. A.R. (2021). The Influence of e-Content on Academic Performance and Retention Ability in Learning Mathematics among High School Students - Solomon Four Equivalent Group of Experimental Design. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(6), 2360-2369. <http://dx.doi.org/10.17762/turcomat.v12i6.5285>
- Schrader, C., Reichelt, M., & Zander, S. (2018). The effect of the personalization principle on multimedia learning: The role of student individual interests as a predictor. *Educational Technology Research and Development*, 66(6), 1387-1397. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9588-8>
- Shukla, K., Xu, M., Trask, N., & Karniadakis, G. E. (2023). Scalable algorithms for physics-informed neural and graph networks. *Data-Centric Engineering*, 3: e24. <https://doi.org/10.1017/dce.2022.24>
- So, W. W. M., Chen, Y., & Wan, Z. H. (2019). Multimedia e-learning and self-regulated science learning: A study of primary school learners' experiences and perceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 508-522. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09782-y>
- Taghipour, B., Aliabadi, K., & Pourroostaei Ardakani, S. (2019). The effect of teaching by environmental multimedia on learning and motivation of third grade elementary students of Tehran's green schools. *Information and Communication Technology in Educational Sciences*, 34(9), 23-48. <https://sanad.iau.ir/en/Journal/ictedu/Article/1007162> [In Persian]
- Tahmasebi Fard, H. R., & Ebadi, S. H. (2018). *Studying the impact of multimedia on students' academic motivation and learning in experimental science lessons*. National Conference on New World Achievements in Education, Psychology, Law and Sociocultural Studies. Tehran, 2018. <https://www.sid.ir/paper/898019/fa> [In Persian]
- Viberg, O., Grönlund, A., & Andersson, A. (2020). Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 232-243. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1770801>
- Yaban, E.H., & Gaschler, R. (2024). Developmental regulation processes and age-related motivation of distance education students. *High Educ*, 2, 11-24. <https://doi.org/10.1007/s10734-024-01316-9>
- Zhan, Y., & So, W. W. M. (2017). Views and practices from the chalk face: Development of a formative assessment multimedia learning environment.

- Technology, *Pedagogy and Education*, 26(4), 501–515. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1345783>
- Zulnaldi, H., Oktavika, E. & Hidayat, R. (2020). Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students. *Education Information Technology*, 25, 51–72. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09899-y>