

ORIGINAL ARTICLE

The Effect of Using Wordwall Artificial Intelligence on Agentic Engagement and Academic Performance of Elementary Students in Mathematics

Azad AllahKarami¹ 

1. Assistant Professor,
Department of educational
sciences, Farhangian University,
P.O. Box 14665_889, Tehran,
Iran.

Correspondence:

Azad AllahKarami
Email: A.Allahkarami@cfu.ac.ir

Receive Date: 18/Sep/2025

Revise Date: 27/Oct/2025

Accept Date: 16/Dec/2025

Publish Date: 22/Dec/2025

How to cite:

Allah Karami, A. (2025). The Effect of Using Wordwall Artificial Intelligence on Agentic Engagement and Academic Performance of Elementary Students in Mathematics, *Technology and Scholarship in Education*, 5 (Special Issue), 75-91.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of using the AI-based game Wordwall on agentic engagement and academic performance of fifth-grade elementary students in mathematics. This research employed a quasi-experimental design with a pretest–posttest control group and was applied in nature. The statistical population consisted of all fifth-grade students at Andisheh-Sazan Bartar Elementary School in Sanandaj during the 2024–2025 academic year. Using convenience sampling, 40 students were selected and randomly assigned to experimental and control groups. Data were collected using the Agentic Engagement Scale (Mammarella & Passini, 2019) and a teacher-made mathematics achievement test. The experimental group participated in eight instructional sessions implementing an interactive Wordwall-based protocol, while the control group received traditional instruction. Data were analyzed through multivariate analysis of covariance (MANCOVA). The findings indicated that the use of the AI-based Wordwall platform significantly improved students' agentic engagement and enhanced their mathematics learning outcomes. It can be concluded that incorporating interactive AI tools such as Wordwall into mathematics instruction can effectively promote active learning and student engagement.

KEYWORDS

Artificial Intelligence, Wordwall, Agentic Engagement, Academic Performance, Mathematics.



«مقاله پژوهشی»

تأثیر بکارگیری هوش مصنوعی وردوال بر درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی دانش آموزان در درس ریاضی

آزاد الله کرمی^۱ 

۱. استادیار، گروه آموزش علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:

آزاد الله کرمی

A.Allahkarami@cfu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

استناد به این مقاله:

الله کرمی، آزاد. (۱۴۰۴). تأثیر بکارگیری هوش مصنوعی وردوال بر درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی دانش آموزان در درس ریاضی، فناوری و دانش پژوهی در تعلیم و تربیت، ۵ (ویژه نامه)، ۷۵-۹۱.

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر بازی هوش مصنوعی وردوال بر درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی دانش آموزان پایه پنجم ابتدایی در درس ریاضی بود. پژوهش از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش آزمون - پس آزمون با گروه کنترل و در قالب پژوهش کاربردی انجام شد. جامعه آماری شامل دانش آموزان پایه پنجم آموزشگاه اندیشه سازان برتر شهر سنج در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. از میان آنان، ۴۰ نفر به روش نمونه گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل گمارده شدند. ابزار گردآوری داده ها پرسش نامه درگیری عاملان (ماملی و پاسینی، ۲۰۱۹) و آزمون معلم ساخته عملکرد ریاضی بود. گروه آزمایش طی هشت جلسه آموزشی از پروتکل طراحی شده با فعالیت های تعاملی وردوال استفاده کرد و گروه کنترل آموزش سنتی دریافت کرد. داده ها با استفاده از تحلیل کوواریانس چند متغیری بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از رسانه هوش مصنوعی وردوال موجب بهبود درگیری عاملان دانش آموزان و ارتقای یادگیری ریاضی می شود. بر این اساس، پیشنهاد می شود از ابزارهای تعاملی هوش مصنوعی در آموزش ریاضی بهره گرفته شود.

واژه های کلیدی

هوش مصنوعی، وردوال، درگیری عاملان، عملکرد تحصیلی، ریاضی.

مقدمه

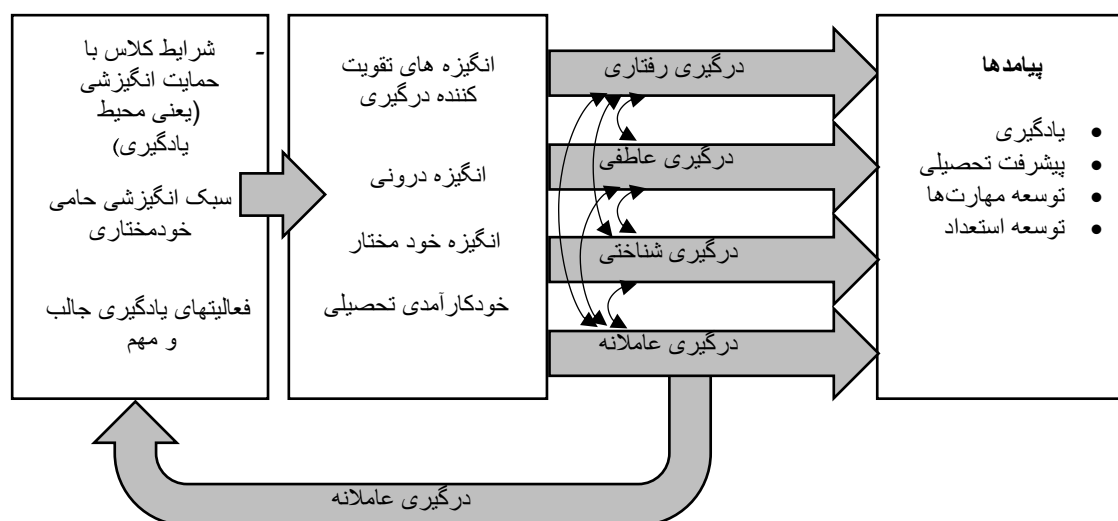
در دهه‌های اخیر، فناوری‌های آموزشی به یکی از محورهای اصلی تحول در نظام آموزش و پرورش تبدیل شده‌اند و نقش برجسته‌ای در بهبود فرایند یادگیری ایفا کرده‌اند. این فناوری‌ها با ایجاد محیط‌های تعاملی و یادگیرنده‌محور، دسترسی به منابع آموزشی را تسهیل کرده و فرصت‌های نوینی برای ارتقای کیفیت آموزش فراهم آورده‌اند (مارلیتا^۱ و همکاران، ۲۰۲۴؛ هالیم^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). در این میان، ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی مانند وردوال^۳ با ارائه بازی‌های آموزشی تعاملی، به عنوان راهکاری نوآورانه برای تقویت یادگیری، به ویژه در درس ریاضی، مورد توجه قرار گرفته‌اند (سواری، ۲۰۲۳). با این حال، انتخاب ابزار مناسب و تناسب آن با محتوای آموزشی همچنان چالشی مهم است (چاندرا و همکاران، ۲۰۲۴؛ سامینار^۴، ۲۰۱۹). این چالش به ویژه در ایجاد محیط‌های یادگیری که بتوانند درگیری فعال دانش‌آموزان را تقویت کنند، اهمیت بیشتری می‌یابد، زیرا درگیری تحصیلی، به عنوان عاملی کلیدی در افزایش انگیزه و بهبود فرایند یادگیری شناخته شده است (کریستن سن و همکاران، ۲۰۱۲) و به چهار نوع درگیری رفتاری، هیجانی، شناختی و عاملانه^۵ تقسیم می‌شود (ریو و تسنگ، ۲۰۱۱). درگیری رفتاری به میزان تلاش، پافشاری و پشتکار دانش‌آموز در فعالیت‌های یادگیری اشاره دارد. درگیری هیجانی تعاملات عاطفی دانش‌آموز با محیط یادگیری است. درگیری شناختی شامل استفاده از راهبردهای پیشرفته برای پردازش عمیق‌تر اطلاعات و حل مسائل است. اما در کنار این سه نوع درگیری، درگیری عاملانه نوعی مشارکت فعال و آگاهانه دانش‌آموزان در فرایند یادگیری است که نه تنها موجب افزایش درک و دانش آن‌ها می‌شود، بلکه به ایجاد یک محیط یادگیری با حمایت انگیزشی بیشتر نیز کمک می‌کند. این نوع درگیری فراتر از دریافت منفعلانه آموزش از معلم بوده و شامل اقداماتی مانند ابراز نیازها، بیان ترجیحات، طرح پرسش و مذاکره برای دریافت حمایت آموزشی است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که درگیری عاملانه تأثیر منحصر به فردی بر نتایج یادگیری دارد و با سایر ابعاد درگیری همبستگی ضعیفی دارد (ریو^۶، ۲۰۱۳). به این معنا که بخشی از پیشرفت تحصیلی که توسط این نوع درگیری توضیح داده می‌شود، مستقل از سایر انواع درگیری است. ریو و تسنگ (۲۰۱۱) مفهوم درگیری

عاملانه را به عنوان مشارکت سازنده دانش‌آموزان در جریان آموزشی که دریافت می‌کنند تعریف کردند. درگیری عاملانه، به عنوان یکی از ابعاد کلیدی درگیری دانش‌آموزان، به معنای تلاش آگاهانه و سازنده آن‌ها برای تأثیرگذاری بر جریان یادگیری است (ریو، ۲۰۱۳؛ ماملی و پاسینی^۷، ۲۰۱۹). این مفهوم که ریشه در نظریه خودتعیین‌گری دارد، نقش محوری در افزایش انگیزش و عملکرد ایفا می‌کند. درگیری عاملانه نه تنها به عنوان مشارکت یک‌طرفه دانش‌آموزان در فرایند یادگیری، بلکه به عنوان یک سری تبادلات متقابل بین دانش‌آموز و معلم در نظر گرفته می‌شود که به بهبود شرایط یادگیری منجر می‌شود (ریو و تسنگ، ۲۰۱۱). درگیری عاملانه در واقع به عنوان یک همکاری دیالکتیکی بین دانش‌آموزان و معلمان عمل می‌کند. این مشارکت‌ها به طور عمدی و پیش‌دستانه از سوی دانش‌آموزان انجام می‌شود و به طور متقابل باعث تغییر و بهبود شرایط محیط یادگیری می‌شود.

وقتی این مشارکت‌ها به تغییراتی چون دسترسی به فعالیت‌های جذاب در محیط آموزشی منجر شود، محیط یادگیری برای انواع مختلف انگیزش دانش‌آموزان مناسب‌تر می‌شود و به طور مؤثری درگیری کلاسی آن‌ها را تقویت می‌کند (ریو، ۲۰۱۳). این درگیری به آن‌ها امکان می‌دهد حمایت‌های مورد نیاز خود را از معلمان جلب کرده و حتی آنچه معلمان می‌گویند و انجام می‌دهند، تحت تأثیر قرار دهند (پاتال، ۲۰۲۴). در فضای کلاس، این نوع مشارکت به معنای ایفای نقش فعال، سازنده و تعاملی از سوی دانش‌آموزان برای تأثیرگذاری بر جریان آموزشی و شکل‌دهی به محیطی است که حمایت بیشتری از یادگیری آن‌ها فراهم کند. بنابراین می‌توان گفت درگیری عاملانه به میزان دخالت فعال دانش‌آموز در فعالیت‌های یادگیری اشاره دارد (کریستن سن و همکاران، ۲۰۱۲) و به عنوان مسیری خودانگیخته برای دستیابی به نتایج آموزشی مهمی چون پیشرفت تحصیلی و موفقیت عمل می‌کند (جانگ، کیم و ریو، ۲۰۱۲؛ لاد و دینلا، ۲۰۰۹؛ اسکینر، کیندرمن، کانل و ولبورن، ۲۰۰۹).

5 . Agentic Engagement
6 . Reeve
7 . Mamelí & Passini

1. Marlita
2 . Haleem
3 . Wardwall
4 . Suminar



شکل ۱. چهار جنبه در هم تنیده از درگیری تحصیلی دانش آموزان که نتایج مثبت آن‌ها را توضیح می‌دهد (چهار خط افقی)، به علاوه سهم منحصربه‌فرد درگیری عاملانه در ایجاد تغییرات سازنده در محیط یادگیری (خط منحنی در پایین شکل). شش خط منحنی با فلش‌های دوسویه، همبستگی‌های مثبت بین چهار جنبه درگیری را نشان می‌دهد (ریوی، ۲۰۰۹).

نگرش منفی و حتی نوعی بیزاری نسبت به ریاضی پیدا می‌کنند. این در حالی است که اگر مفاهیم ریاضی از همان سال‌های ابتدایی به‌درستی و با روش‌های جذاب آموزش داده شوند و دانش‌آموزان لذت فهم مفاهیم را تجربه کنند، علاقه‌مندی آنان به این دانش ارزشمند که زیربنای تمدن بشری است پایدار خواهد ماند (قائدی و همکاران، ۱۳۹۸). بر اساس گزارش‌های سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۵ (۲۰۲۲) حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد دانش‌آموزان در کشورهای در حال توسعه، با مشکلات درگیری عاطفی و شناختی در ریاضی مواجه هستند که منجر به کاهش عملکرد تحصیلی می‌شود. پژوهش‌های دیگر نیز نشان داده‌اند که کاهش علاقه دانش‌آموزان به یادگیری ریاضی پدیده‌ای جهانی است (تزر و کار است^۴، ۲۰۱۰؛ نورکریم قونیتا و مونترروزا^۵، ۲۰۲۳).

بنابراین، نخستین گام در بهبود یادگیری ریاضی، شناسایی موانعی است که بر سر راه دانش‌آموزان وجود دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد یکی از دلایل اصلی آن به روش‌های تدریس معلمان بازمی‌گردد (هارفه و هولو^۶، ۲۰۲۴؛ چاند^۷ و همکاران، ۲۰۲۱). تدریس ریاضی نیازمند مهارت‌هایی چون آشنایی با رویکردهای نوین، تسلط علمی و به‌کارگیری ابزارهای فناورانه است (اتمار^۸ و همکاران، ۲۰۱۵). تداوم استفاده از رویکردهای

نظریه خودتعیین‌گری (ریان و دسی^۱، ۲۰۱۷) بیان می‌کند که انگیزش درونی و درگیری تحصیلی زمانی تقویت می‌شود که سه نیاز روان‌شناختی اساسی، یعنی خودمختاری، شایستگی و ارتباط، ارضا گردند. محیط‌های حمایتی این نیازها را پرورش داده و زمینه‌ساز اشکال مختلف درگیری، به‌ویژه درگیری عاملانه می‌شوند. با توجه به این چارچوب نظری، ابزارهای نوین آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند وردوال، می‌توانند با شخصی‌سازی یادگیری، افزایش حس شایستگی و ارتقای تعاملات معنادار، شرایط مساعدی برای تقویت درگیری عاملانه و بهبود عملکرد تحصیلی فراهم سازند. درگیری تحصیلی دانش‌آموزان با تقویت انگیزه درونی و مشارکت آگاهانه دانش‌آموزان، نقش به‌سزایی در بهبود عملکرد تحصیلی، به‌ویژه در درس ریاضی، دارد (سن^۲، ۲۰۲۲). در دنیای امروز، درس ریاضی به‌عنوان یکی از پایه‌های اصلی آموزش ابتدایی، چالش‌های فراوانی برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند. عملکرد ریاضی، که اغلب از طریق نمرات، توانایی حل مسئله و درک مفاهیم ریاضی سنجیده می‌شود، به‌شدت تحت تأثیر سطح درگیری دانش‌آموزان قرار دارد. در نظام آموزشی ایران، آموزش ریاضی همواره از چالش‌های اساسی به‌شمار می‌رود. کافی است به این نکته توجه شود که بسیاری از دانش‌آموزان در پایه‌های بالاتر،

5 . Nurkarim Qonita & Monterroza

6 . Harefa & Hulu

7 . Chand

8 . Ottmar

1 . Ryan & Deci

2 . Sen

3 . Organisation for Economic Co-operation and Development

4 . Tezer & Karasel

سنتی و تک بعدی نه تنها یادگیری عمیق را محدود می کند بلکه می تواند به خستگی و بی انگیزگی دانش آموزان بینجامد. در مقابل، بهره گیری از روش های متنوع، خلاقانه و مبتنی بر فناوری، موجب بهبود درک مفاهیم، افزایش انگیزه و جذابیت فرایند یادگیری می شود (یه^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). این موضوع به ویژه در درس ریاضی که مفاهیم آن به شدت پیش نیاز و پس نیاز یکدیگرند، اهمیت دوچندان پیدا می کند. در چنین درسی، تدریس اثربخش محسوب می شود که دانش آموزان را برای جذب دانش تازه، پیوند دادن آن با آموخته های پیشین و شکل دهی به زنجیره ای منسجم از دانش آماده سازد (خان، ۲۰۱۲).

پژوهش ها نشان می دهد که یادگیری با رسانه های سنتی و بدون استفاده از فناوری اغلب کسل کننده است و می تواند انگیزه دانش آموزان را کاهش دهد. محدودیت زمان و منابع نیز مانع درک عمیق مفاهیم می شود. برای غلبه بر این چالش، بهره گیری از رسانه های نو ضروری است. به عنوان نمونه، پژوهش محمودی و قریشی (۱۴۰۲) نشان داد که استفاده از تخته هوشمند موجب افزایش معنا دار انگیزه و پایداری یادگیری دانش آموزان پایه ششم در درس ریاضی شد و بین استفاده از این ابزار و یادگیری پایدار رابطه مثبت و معنا دار وجود داشت. پژوهشگران توصیه کردند که معلمان با به کارگیری نرم افزارها و شبیه سازهای تعاملی در تخته هوشمند، یادگیری مفاهیم ریاضی را تسهیل و تثبیت کنند.

رسانه ی وردوال با کویزها، پازل ها و بازی های تعاملی، تجربه ای پویا و جذاب ایجاد کرده و کیفیت یادگیری را بهبود می بخشد (پوتری و همکاران، ۲۰۲۴). استفاده از رسانه وردوال در یادگیری در مدارس ابتدایی می تواند نتایج یادگیری دانش آموزان را به طور قابل توجهی بهبود بخشد (حسن^۲ و همکاران، ۲۰۲۴)، زیرا امکان رویکردی خلاقانه تر و تعاملی تر به یادگیری را فراهم می کند (لستاری و رحمانی، ۲۰۲۴؛ پرادینی و آدنیاپانتی، ۲۰۲۲). این روش به بهبود عملکرد تحصیلی، ارتقای اهداف کلی یادگیری و آماده سازی دانش آموزان برای انجام وظایف به صورت مستقل کمک می کند (ون آلتن و همکاران، ۲۰۲۰). رسانه وردوال مجموعه گسترده ای از مدل های بازی را ارائه می دهد که می توانند تجربه یادگیری تعاملی (فیتربا، ۲۰۲۳) را فراهم کرده و دانش آموزان را به مشارکت مشتاقانه در

حین یادگیری تشویق کند (فرلینا و همکاران، ۲۰۲۴؛ هیدایاتی و همکاران، ۲۰۲۲). رسانه وردوال دارای ویژگی های جذاب متنوعی است، معلمان می توانند از قالب های موجود استفاده کنند یا حتی بر اساس نیازها یا تمایل به خلاقیت، به صورت شخصی آن ها را توسعه دهند. پژوهش پیشین نیز اثربخشی هوش مصنوعی بر شخصی سازی را تأیید کرده بودند (حسینی، ۱۴۰۴). وردوال، با ترکیب عناصر بازی وار (مانند حدس و آزمون و خطا) و الگوریتم های هوشمند، می تواند درگیری عاملانه را تقویت کند و عملکرد را بهبود بخشد. مطالعات پیشین نشان می دهد که گیمیفیکیشن در آموزش ریاضی، انگیزش دانش آموزان را افزایش می دهد (لی و لای^۳، ۲۰۲۳). در مطالعه ای که توسط هیدایا و آن دریانی (۲۰۲۳) انجام شد، مشاهده گردید که استفاده از وردوال در آموزش باعث افزایش فعالیت های یادگیری، انجام به موقع تکالیف و پرسشگری درباره مطالب نامفهوم شد. رحماواتی و رولویانا (۲۰۲۴) نشان دادند که به کارگیری وردوال موجب افزایش علاقه به یادگیری ریاضی دانش آموزان در مبحث انواع زاویه شد و یادگیری را اثربخش تر کرد. ریکاردو و خلیفه (۲۰۲۳) تأکید کردند که افزایش علاقه یادگیری دانش آموزان با بهبود مهارت استدلال ریاضی آن ها رابطه مستقیم دارد و وردوال به عنوان یک ابزار بازی محور این ارتباط را تقویت می کند. شفو و حکمت (۲۰۲۳) در پژوهش خود اثربخشی ارزیابی یادگیری ریاضی با استفاده از رسانه وردوال در دبستان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از رسانه وردوال در ارزیابی یادگیری مطالب ریاضی (کسر ها) بسیار مؤثر بوده و میانگین امتیاز ۷۷.۱۴ را کسب کرده است، در حالی که استفاده از رسانه کاغذی با میانگین ۵۰.۰۰ اثربخشی کمتری داشت. پژوهش پوتر، بایدوری و زخرف الرحه (۲۰۲۴) نشان داد که رسانه مبتنی بر وردوال توانایی های ارتباط ریاضی دانش آموزان و مهارت های تفکر بصری را بهبود می بخشد. غیر از درس ریاضی، پژوهش ها اثربخشی وردوال در دیگر درس ها را نیز بررسی کرده اند. نیسا و رنونینگتاس (۲۰۲۱) نتایجی مشابه گزارش کردند و نشان دادند که پس از به کارگیری رسانه وردوال، دانش آموزان انگیزه و اشتیاق بیشتری برای حضور فعال در کلاس و تعامل با معلم از خود نشان می دهند. سیلویا و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که رسانه وردوال برای آموزش واژگان کودکان در سنین پایین مناسب است و به دلیل استفاده از تصاویر جذاب، انگیزه و علاقه آن ها به یادگیری را افزایش

افزایش می‌دهد؛ بلکه امکان ارزیابی دانش دانش‌آموزان را نیز فراهم می‌سازد. چاولو، سابانگ و مانیتو (۲۰۲۵) در پژوهش خود اثربخشی رسانه وردوال در افزایش علاقه دانش‌آموزان کلاس ششم را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت رسانه وردوال در افزایش علاقه دانش‌آموزان به یادگیری درس مدنی است. نهایتاً؛ سوواندی و زونیدار (۲۰۲۵) در پژوهش خود تأثیر رسانه آموزشی وردوال و علاقه به یادگیری بر نتایج تحصیلی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از وردوال به‌طور معنی‌داری نتایج یادگیری را بهبود بخشیده و تعامل مثبتی بین این رسانه و علاقه به یادگیری وجود دارد.

مرور پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که ابزار وردوال به‌عنوان یک رسلنه آموزشی مبتنی بر بازی، تأثیرات مثبتی بر متغیرهای روان‌شناختی و آموزشی داشته است. بخش عمده‌ای از تحقیقات، اثربخشی این ابزار را در افزایش علاقه، انگیزش و فعالیت یادگیرندگان در دروس مختلف گزارش کرده‌اند. همچنین، مطالعات متعددی به بهبود نتایج یادگیری و عملکرد تحصیلی اشاره کرده‌اند. باوجود این یافته‌های گسترده، خلأ پژوهشی قابل‌توجهی مشاهده می‌شود. نخست آنکه، همان‌طور که در مبانی نظری اشاره شد، درگیری عاملانه سازه‌ای متمایز از سایر ابعاد درگیری (رفتاری، شناختی و هیجانی) و نیز مفاهیمی همچون علاقه یا انگیزه است. پیشینه موجود، باوجود تمرکز بر انگیزش، به‌طور مستقیم تأثیر پلتفرم‌های هوش مصنوعی بازی‌محور مانند وردوال را بر این بُعد نوظهور و حیاتی از درگیری که مستلزم مشارکت فعال یادگیرنده در شکل‌دهی و بهبود فرایند یادگیری است، مورد سنجش قرار نداده است. دوم، بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در خارج از ایران، صورت‌گرفته‌اند و اثربخشی این ابزار در نظام آموزشی ایران، به‌ویژه در درس چالش‌برانگیز ریاضی در مقطع ابتدایی، موردبررسی قرار نگرفته است. این در حالی است که ابزارهای تعاملی هوش مصنوعی، از طریق ارضای نیازهای روان‌شناختی اساسی (خودمختاری، شایستگی و ارتباط)، به‌طور بالقوه می‌توانند زمینه‌ساز بروز درگیری عاملانه شوند.

بنابراین، باتوجه به اهمیت ارتقای یادگیری ریاضی در مقطع ابتدایی و خلأهای شناسایی‌شده در پیشینه، این پژوهش بر آن است تا تأثیر هوش مصنوعی وردوال بر درگیری عاملانه و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان پایه پنجم در درس ریاضی را بررسی کند. بر این اساس، دو فرضیه پژوهش مطرح می‌شود: فرضیه ۱ استفاده از وردوال درگیری عاملانه را افزایش می‌دهد؛

می‌دهد. شوفیا لاونین و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی شبه‌آزمایشی نشان دادند که به‌کارگیری بازی‌های آنلاین وردوال موجب افزایش معنادار علاقه و یادگیری دانش‌آموزان پایه چهارم شد. امان‌الحق و پراستوو (۲۰۲۲) وردوال را به‌عنوان یک نوآوری در آموزش زبان انگلیسی در مدارس ابتدایی معرفی کردند و نشان دادند که این ابزار سبب تغییر نگرش مثبت دانش‌آموزان نسبت به یادگیری می‌شود. بلا ویستا و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که علاقه پایین دانش‌آموزان به درس پیش از مداخله، پس از استفاده از وردوال به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت و این رسانه به ابزاری مؤثر برای بهبود انگیزش درسی تبدیل شد. اندریانتی و وارسیمان (۲۰۲۳) بر اهمیت انتخاب رسانه آموزشی متناسب با اهداف یادگیری تأکید کرده و نشان دادند که رسلنه‌های تعاملی مانند وردوال می‌توانند علاقه و مشارکت دانش‌آموزان را به‌طور چشمگیری افزایش دهند. تحقیق انجام شده توسط الهفنی و همکاران (۲۰۲۳) درباره تأثیر استفاده از وردوال در آموزش درس زبان نشان داد که میانگین نمره دانش‌آموزان قبل از استفاده از وردوال ۵۶ بود و پس از استفاده از این رسانه آموزشی به ۷۰ افزایش یافت. زلفا (۲۰۲۳) در پژوهش اقدام‌پژوهی خود نشان داد که علاقه یادگیری دانش‌آموزان در سه‌چرخه متوالی از ۷۸٪ به ۹۱٪ رسید و از سطح «خوب» به «بسیار خوب» ارتقا یافت. به‌علاوه استفاده از وردوال منجر به افزایش فعالیت دانش‌آموزان در کلاس، تحویل به‌موقع تکالیف و پرسشگری فعال در مورد مفاهیم درسی می‌شود (حسن و همکاران، ۲۰۲۴). در پژوهش نیشا، نوپتاریو و مزینی (۲۰۲۴)، وردوال به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی یادگیری در دبستان بررسی شد. نتایج نشان داد این ابزار با ایجاد تعامل، انگیزه و بازخورد فوری، ارزیابی‌های خلاقانه را امکان‌پذیر می‌کند؛ هرچند نیاز به اینترنت و محدودیت‌های پولی از موانع آن است. ستیاوان و آندریانتو (۲۰۲۴) با تمرکز بر درس آموزش متون اسلامی دریافتند که رسانه وردوال در مقایسه با روش‌های سنتی به‌طور معناداری علاقه دانش‌آموزان را افزایش داده و مشارکت آن‌ها در کلاس را ارتقا می‌دهد. پوتری، حنیفه و نینگرم (۲۰۲۴) در پژوهش خود تأثیر استفاده از رسانه وردوال بر نتایج یادگیری دانش‌آموزان پایه پنجم در درس علوم را بررسی کردند. نتایج آزمون ویلکاکسون نشان داد که استفاده از رسانه وردوال با ارزش آماری معنی‌دار تأثیر مثبتی بر نتایج یادگیری دانش‌آموزان داشته است. ستیورینی و همکاران (۲۰۲۴) نیز با تمرکز بر دانش‌آموزان پایه چهارم ابتدایی گزارش کردند که استفاده از رسانه وردوال نه‌تنها علاقه به یادگیری را

محتوایی، در اختیار سه معلم باتجربه ریاضی در سنجش قرار گرفت و نظرات کیفی ایشان در مورد تناسب سؤالات با اهداف درسی و وضوح گویه‌ها اعمال گردید. برای بررسی پایایی نمره‌گذاری، از شاخص همبستگی بین مصححان (دو متخصص ریاضی) بر اساس کلید استاندارد استفاده شد و ضریب ۰.۸۸ به‌دست آمد که نشان‌دهنده توافق بالای نمره‌گذاری است.

در اجرای این پژوهش که از نوع شبه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون و گروه کنترل بود، پیش‌آزمون (پرسش‌نامه و آزمون) برای هر دو گروه در ابتدای تیرماه اجرا شد. مداخله شامل هشت جلسه ۶۰ دقیقه‌ای (دو جلسه در هفته، طی چهار هفته) بود. گروه آزمایش از هوش مصنوعی وردوال براساس آنچه در ادامه می‌آید، استفاده کرد. هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه تدریس مفهومی، ۲۵ دقیقه فعالیت گروهی با وردوال، حدس الگوها یا عملیات با بازخورد فوری، و ۱۰ دقیقه سنجش با وردوال (امتیازدهی خودکار) بود. گروه کنترل با روش سنتی شامل سخنرانی، تمرین کاغذی و ارزیابی دستی پیش رفت. جلسات به تفکیک مباحث به شرح زیر اجرا شد:

در جلسه اول (عددنویسی)، مفاهیم ارزش مکانی صدگان، دهگان و یکان با استفاده از آزمون‌های چندگزینه‌ای وردوال آموزش داده شد تا درک موقعیت ارقام در اعداد تقویت شود. ابزار چرخ‌چرخ^۱ برای انتخاب تصادفی آیت‌ها به کار رفت و موجب افزایش هیجان و مشارکت دانش‌آموزان شد. در جلسه دوم (عددنویسی پیشرفته)، مفهوم هزارگان معرفی گردید. پازل‌های چندرسمی، ابزار باز کردن جعبه^۲ و تطبیق واژگان^۳ برای کشف تدریجی مفاهیم و مرور مطالب قبلی مورد استفاده قرار گرفتند.

در جلسه سوم (اعداد مرکب و مضرب‌ها)، از ابزار جفت‌سازی برای تمرین تطبیق اطلاعات و از آزمون چندگزینه‌ای وردوال برای مرور سریع آموخته‌ها استفاده شد.

در جلسه چهارم (الگوها)، توالی‌های عددی از طریق ابزارهای چرخ‌چرخ و باز کردن جعبه تمرین گردید و دانش‌آموزان به‌صورت تعاملی در کشف الگوهای عددی شرکت کردند.

در جلسه پنجم (جمع اعداد مخلوط)، عملیات کسری-اعشاری با ابزار حدس نتیجه، پیدا کردن جفت^۴ و تکمیل جمله آموزش داده شد تا مهارت تمرکز، دقت و درک مفهومی تقویت شود.

فرضیه ۲ استفاده از وردوال عملکرد تحصیلی را بهبود می‌بخشد. از نظر نظری، این مطالعه به غنی‌سازی ادبیات گیمیفیکیشن مبتنی بر هوش مصنوعی کمک می‌کند و از منظر عملی، راهنمایی برای معلمان سنجش در ادغام فناوری در کلاس درس فراهم می‌آورد.

روش

این پژوهش شبه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون و گروه کنترل، به بررسی تأثیر استفاده از بازی هوش مصنوعی وردوال بر درگیری عاملانه و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان پایه پنجم در درس ریاضی پرداخت. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی دانش‌آموزان پایه پنجم آموزشگاه اندیشه‌سازان برتر شهرستان سنندج در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. روش نمونه‌گیری به‌صورت در دسترس خوشه‌ای انجام شد؛ به این معنا که از میان کلاس‌های موجود، دو کلاس پایه پنجم (هر کلاس ۲۰ نفر) که در دسترس پژوهشگر بودند، برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. باتوجه به ماهیت شبه‌تجربی پژوهش و محدودیت‌های عملیاتی، این روش نمونه‌گیری برای اجرای مداخله و جمع‌آوری داده‌ها مناسب تلقی شد. میانگین سنی گروه‌ها ۱۰.۲ سال بود. معیار ورود رضایت والدین و عدم غیبت بیش از دو جلسه و معیار خروج عدم تکمیل ابزارها بود.

ابزارها

برای سنجش متغیر درگیری عاملانه از نسخه گسترش یافته و ۱۰ گویه‌ای مقیاس درگیری عاملانه استفاده شد که توسط ماملی و پاسینی (۲۰۱۹) اعتباریابی شده است. یافته‌های مطالعه اصلی نشان داد مدل تک عاملی این مقیاس برازش قابل قبولی دارد ($\chi^2(31) = 125.03$, $CFI = 0.94$, $TLI = 0.91$, $RMSEA = 0.08$, $SRMR = 0.05$). این شاخص‌ها روایی سازه و ساختار تک عاملی ابزار مورد استفاده را تأیید می‌کنند. همچنین، ضریب آلفا کرونباخ مقیاس در مطالعه اصلی ۰.۸۵ گزارش شد که با ضریب ۰.۸۳ به‌دست آمده در پژوهش حاضر همخوانی داشته و پایایی ابزار را نشان می‌دهد.

همچنین از آزمون معلم ساخته شامل ۲۰ سؤال چندگزینه‌ای در مباحث مورد نظر (عددنویسی، اعداد مرکب، الگو، جمع / تفریق / ضرب / تقسیم اعداد مخلوط) استفاده شد. این آزمون توسط معلم پایه پنجم طراحی و برای بررسی روایی صوری و

در جلسه هشتم (تقسیم اعداد مخلوط)، مفاهیم تقسیم کسری با استفاده از ابزارهای آناگرام و کارت‌های فلش^۱ آموزش داده شد تا دانش‌آموزان بتوانند پاسخ‌های صحیح را از طریق بازسازی واژه‌ها و خودآزمایی با بازخورد فوری تقویت کنند.

تمامی جلسات توسط معلم هدایت شدند و پس‌آزمون بلافاصله پس از اتمام فعالیت‌ها اجرا شد تا عملکرد دانش‌آموزان و وضعیت درگیری عاملانه آنها ارزیابی شود. در این پژوهش جهت بررسی فرضیات پژوهش از نرم‌افزار آماری SPSS و آزمون آماری تحلیل کوواریانس استفاده شد.

در جلسه ششم (تفریق اعداد مخلوط)، موضوع قرض‌گیری با مثال‌های عینی و پازل‌های وردوال تمرین شد. ابزار آزمون و تکمیل جمله برای مرور و تثبیت مراحل حل مسئله به کار رفتند.

در جلسه هفتم (ضرب اعداد مخلوط)، تمرین‌های گروهی و رقابتی با استفاده از ابزارهای جفت‌سازی و پیداکردن جفت اجرا شد و امتیازات گروهی برای افزایش انگیزه ثبت گردید.

شکل ۲. نمونه سؤالات ریاضی در جلسه اول

کوواریانس استفاده شد تا تأثیر مداخله آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی وردوال بر متغیرهای درگیری عاملانه و عملکرد تحصیلی درس ریاضی بررسی شود. در ادامه، نتایج تحلیل‌های آماری ارائه می‌شود.

یافته‌ها

به‌منظور پاسخ به فرضیه‌های پژوهش، داده‌های حاصل از پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل مورد تحلیل قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون تحلیل

جدول ۱. اطلاعات توصیفی متغیر درگیری عاملانه هر گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه	آزمون	تعداد	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف استاندارد
کنترل	پیش‌آزمون	۲۰	۲۱	۳۲	۲۷.۵۵	۳.۲۲
	پس‌آزمون	۲۰	۲۲	۳۳	۲۷.۸۰	۳.۰۸
آزمایش	پیش‌آزمون	۲۰	۲۴	۳۵	۲۷.۸۵	۳.۰۴
	پس‌آزمون	۲۰	۲۵	۳۹	۳۰.۶۰	۳.۴۶

اطلاعات توصیفی مربوط به درگیری عاملان در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به تفکیک گروه آزمایش و کنترل در جدول (۱) گزارش شده است. با توجه به اطلاعات جدول میانگین گروه

آزمایش در پس‌آزمون افزایش یافته است؛ ولی برای تعیین معناداری این افزایش از نظر آماری باید به یافته‌های استنباطی رجوع کرد.

جدول ۲. اطلاعات توصیفی متغیر عملکرد تحصیلی هر گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه	آزمون	تعداد	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف استاندارد
کنترل	پیش‌آزمون	۲۰	۵	۹	۶۶۷	۰.۹۲
	پس‌آزمون	۲۰	۱۲	۱۳	۱۲.۷۱	۰.۴۷
آزمایش	پیش‌آزمون	۲۰	۵	۸	۶.۷	۰.۶۵
	پس‌آزمون	۲۰	۱۴	۱۶	۱۵.۱۴	۰.۵۹

اطلاعات توصیفی مربوط به متغیر عملکرد تحصیلی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به تفکیک گروه آزمایش و کنترل در جدول (۲) گزارش شده است. با توجه به اطلاعات جدول، میانگین گروه آزمایش در پس‌آزمون افزایش یافته است؛ ولی برای تعیین معناداری این افزایش از نظر آماری باید به یافته‌های استنباطی رجوع کرد. یافته‌های این پژوهش، با هدف بررسی تأثیر مداخله آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی ورد وال بر درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی درس ریاضی در دانش

آموزان پایه پنجم تحلیل شدند. برای مقایسه عملکرد گروه‌های آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از تحلیل کوواریانس استفاده شد. پیش از اجرای تحلیل، مفروضه‌های آماری تحلیل کوواریانس بررسی شدند. نرمال بودن توزیع با آزمون کلموگروف-اسمیرنف نشان داد که توزیع نمرات متغیرهای درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی در هر دو گروه آزمایش و کنترل نرمال بوده است ($p > 0.05$).

جدول ۳. توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف

متغیر	گروه	N	آماره آزمون	Sig
درگیری عاملان	پیش‌آزمون	۲۰	۰.۱۳۲	۰.۰۷۹
	پس‌آزمون	۲۰	۰.۱۰۵	۰.۱۸
عملکرد تحصیلی	پیش‌آزمون	۲۰	۰/۸۹	۰.۲۱
	پس‌آزمون	۲۰	۰.۷۳	۰.۱۸

همگنی واریانس‌ها با آزمون لوین (جدول ۴) بررسی شد. نتایج همگنی واریانس‌های گروه‌های آزمایش و کنترل برای هر دو متغیر نشان داد، واریانس‌های گروه‌های آزمایش و کنترل برای هر دو متغیر همگن هستند ($p > 0.05$).
همچنین جدول ۵ درباره آزمون همگنی شیب رگرسیون نشان داد که ضرایب رگرسیون برای متغیرهای درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی همگن هستند ($p > 0.05$).

جدول ۴. آزمون همگنی واریانس‌ها

متغیر	F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	Sig
درگیری عاملان	۰.۰۱۰	۱	۳۸	۰.۹۱
عملکرد تحصیلی	۰.۳۳	۱	۳۸	۰.۵۶

جدول ۵. آزمون همگنی شیب رگرسیون

متغیر	منبع	میانگین مجزورات	درجه آزادی	F	Sig
درگیری عاملان	پیش‌آزمون * گروه	۰/۳۳۲	۰/۹۵	۱	۱/۳۱
عملکرد تحصیلی	پیش‌آزمون * گروه	۰/۲۸۸	۱/۱۴	۱	۰/۸۹

این نتایج نشان می‌دهند که مفروضه‌های اساسی موردنیاز برای به‌کارگیری تحلیل کوواریانس به‌طور کامل رعایت شده‌اند و بنابراین انجام تحلیل‌های بعدی از اعتبار آماری و تفسیرپذیری لازم برخوردار است. در ادامه، نتایج مربوط به بررسی هر یک از فرضیه‌های تحلیل کوواریانس به‌صورت جداگانه و تفصیلی گزارش می‌شوند.

جدول ۶. نتایج آزمون کوواریانس چند متغیری برای مقایسه میانگین نمرات دو گروه آزمودنی در متغیرهای وابسته

منابع	ارزش	F	درجه آزادی	درجه آزادی خطا	Sig	ضریب ایتا
شاخص پیلای	۰/۸۷	۱۱۶.۹۳۸	۲/۰۰۰	۳۵	۰/۰۰۱	۰/۸۷
لامبدای ویلکز	۰/۱۳۰	۱۱۶.۹۳۸	۲/۰۰۰	۳۵	۰/۰۰۱	۰/۸۷
اثر هتلینگ	۶۶۸۲	۱۱۶.۹۳۸	۲/۰۰۰	۳۵	۰/۰۰۱	۰/۸۷
بزرگ‌ترین ریشه روی	۶۶۸۲	۱۱۶.۹۳۸	۲/۰۰۰	۳۵	۰/۰۰۱	۰/۸۷

نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیری برای مقایسه بین گروه آزمایش و کنترل نشان می‌دهد که بین دو گروه در ترکیب خطی متغیرهای درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی و با سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱ اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < ۰/۰۵$)؛ بنابراین تأثیر کاربرد هوش مصنوعی وردوال بر درگیری عاملان و عملکرد تحصیلی معنی‌دار بوده است. برای اینکه مشخص شود مداخله آموزشی روی کدام یک از متغیرها معنی‌دار بوده است، نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری در ادامه آورده شده‌است.

جدول ۷. نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیری برای بررسی اثر گروه بر متغیرهای وابسته با کنترل اثر پیش‌آزمون‌ها

منبع	متغیر وابسته	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
گروه	عملکرد تحصیلی	۵۹.۷۱۹	۱	۵۹.۷۱۹	۲۰۴.۵۸۶	۰.۰۰۰	۰.۸۵۰
	درگیری عاملان	۱۵۶.۸۷۳	۱	۱۵۶.۸۷۳	۶۱.۲۴۷	۰.۰۰۰	۰.۶۳۰
خطا	پس‌آزمون عملکرد تحصیلی	۱۰.۵۰۹	۳۶	۰.۲۹۲			
	پس‌آزمون درگیری عاملان	۹۲.۲۰۷	۳۶	۲.۵۶۱			

نتیجه گیری و بحث

نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که بین گروه آزمایش و کنترل در متغیرهای وابسته تفاوت معناداری وجود دارد. به عبارت دیگر، مداخله آموزشی مبتنی بر بازی هوش مصنوعی ورودال تأثیر مثبت و معناداری بر درگیری عاملانه و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان داشت. مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون نیز بیانگر آن است که دانش‌آموزان گروه آزمایش پس از اجرای مداخله، در هر دو متغیر یادشده پیشرفت چشمگیری نسبت به گروه کنترل داشتند؛ بنابراین، یافته‌ها دو فرضیه پژوهش را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند استفاده از ورودال موجب افزایش درگیری عاملانه و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان می‌شود.

در تبیین یافته‌های فوق درباره فرضیه اول می‌توان گفت؛ افزایش معنادار درگیری عاملانه صرفاً محصول جذابیت بصری یا بازی‌وار بودن ابزار نیست، بلکه ریشه در مکانیسم ایجاد یک محیط یادگیری حمایتی دارد. این ابزار جایگزین مؤثری برای روش‌های سنتی است و به پاسخ‌گویی به نیازهای آموزشی در عصر فناوری کمک می‌کند (حسن و همکاران، ۲۰۲۴). پروتکل مداخله مبتنی بر ورودال، می‌تواند با ارائه بازخورد فوری، فعالیت‌های تعاملی (مانند پازل و کوئیز) و امکان مشارکت فعال، مستقیماً سه نیاز روان‌شناختی اساسی در نظریه خودتعیین‌گری یعنی خودمختاری، شایستگی و ارتباط را برآورده کرده و به تحقق اهداف یادگیری کمک کند (پوتری و همکاران، ۲۰۲۵). این نتایج با چارچوب نظری درگیری عاملانه همخوانی دارد (ریو و تسنگ، ۲۰۱۱؛ ریوی، ۲۰۱۳). در این پژوهش فعالیت‌هایی چون «جفت‌سازی» و «آناگرام» که در کلاس اجرا شد، دانش‌آموزان را از گیرندگان منفعل دانش به مشارکت‌کنندگان فعال تبدیل کرد که می‌توانستند در فرایند یادگیری خود مشارکت سازنده داشته باشند. این ارضای نیازهای روان‌شناختی، بستری را فراهم آورد که در آن دانش‌آموزان برای ابراز ترجیحات، طرح پرسش و مذاکره برای دریافت حمایت آموزشی، احساس امنیت و توانمندی می‌کردند؛ این دقیقاً همان جوهره درگیری عاملانه است.

در تبیین فرضیه دوم، بهبود معنادار عملکرد تحصیلی در درس چالش‌برانگیز ریاضی، به عنوان پیامد مستقیم افزایش درگیری عاملانه قابل تحلیل است. در نظام آموزشی ایران، چالش اصلی در درس ریاضی اغلب نه در خود مفاهیم، بلکه در انگیزش پایین و نگرش منفی دانش‌آموزان ریشه دارد (قائدی و

جدول ۷) نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیره را به منظور بررسی تفاوت دو گروه آزمایش و کنترل با حذف اثر پیش‌آزمون‌ها نشان می‌دهد. پس از کنترل آماری نمرات اولیه، نتایج تحلیل نشان داد که اثر متغیر گروه هم‌بر پس‌آزمون عملکرد و هم‌بر پس‌آزمون درگیری عاملانه از لحاظ آماری معنادار بوده است. مقادیر بسیار بالای اندازه اثر نشان می‌دهد که مداخله آموزشی مبتنی بر ورودال تأثیر بسیار قوی و چشمگیری بر هر دو متغیر وابسته داشته است؛ بنابراین، هر دو فرضیه پژوهش مبنی بر تأثیر کاربرد هوش مصنوعی ورودال بر درگیری عاملانه و عملکرد تحصیلی با اطمینان ۹۵ درصد تأیید می‌شود. بررسی اثر متغیرهای کمکی (کووریت‌ها) نیز نشان داد که پیش‌آزمون درگیری عاملانه توانسته است به طور بسیار معناداری بخش بزرگی از واریانس پس‌آزمون درگیری عاملانه را تبیین کند. این یافته، ضرورت آماری استفاده از تحلیل کوواریانس برای کنترل نمره اولیه درگیری را تأیید می‌کند. در مقابل، پیش‌آزمون عملکرد تأثیر آماری معناداری بر هیچ‌یک از متغیرهای وابسته نداشته است. در مجموع، مدل تحلیل کوواریانس توانست بخش قابل توجهی از واریانس متغیرهای وابسته را تبیین کند. در مجموع، مدل تحلیل کوواریانس توانست بخش قابل توجهی از واریانس متغیرهای وابسته را تبیین کند (به ترتیب ۸۵.۱٪ برای عملکرد تحصیلی و ۸۲.۷٪ برای درگیری عاملانه).

جدول ۸. میانگین‌های تعدیل‌شده پس‌آزمون و خطای استاندارد به تفکیک گروه

متغیر وابسته	گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
عملکرد تحصیلی	آزمایش	۱۵.۱۴۳	۰.۱۲۱
	کنترل	۱۲.۶۹۷	۰.۱۲۱
درگیری عاملانه	آزمایش	۳۱.۸۰۷	۰.۳۵۸
	کنترل	۲۷.۸۴۳	۰.۳۵۸

پس از معنادار شدن اثر گروه در جدول ۷)، میانگین‌های تعدیل‌شده برای مقایسه نهایی دو گروه در جدول ۸) گزارش شد؛ این میانگین‌ها نمرات پس‌آزمون را پس از کنترل تأثیر پیش‌آزمون نشان می‌دهند.

مداخله تنها هشت جلسه بود که ممکن است اثرات بلندمدت را نشان ندهد؛ پیگیری‌های طولی برای ارزیابی پایداری تغییرات ضروری است. سوم، ابزارها (پرسش‌نامه ماملی و پاسینی و آزمون معلم‌ساخته) معتبر بودند، اما وابستگی به خود گزارش‌دهی و آزمون‌های کوتاه ممکن است خستگی ایجاد کند. چهارم، عدم دسترسی به ویژگی‌های پولی وردوال در برخی جلسات، تنوع فعالیت‌ها را محدود کرد. در نهایت، تمرکز بر پایه پنجم و درس ریاضی، کاربرد را به سایر پایه‌ها یا دروس تعمیم‌ناپذیر می‌سازد. در این پژوهش برای آزمون معلم‌ساخته عملکرد ریاضی، به کسب نظرات کیفی متخصصان جهت تأیید روایی محتوایی بسنده گردید و شاخص‌های کمی استاندارد مانند شاخص روایی محتوا یا نسبت روایی محتوا محاسبه نشد که این امر می‌تواند از محدودیت‌های ابزاری این پژوهش تلقی شود.

پژوهشگران آینده می‌توانند این مطالعه را با طرح‌های طولی و نمونه‌های بزرگ‌تر (مانند چند آموزشگاه در شهرهای مختلف ایران) گسترش دهند تا پایداری اثرات وردوال را بررسی کنند. همچنین، مقایسه وردوال با سایر ابزارهای هوش مصنوعی مانند کاهوت^۱ یا کوئیزلت^۲ یا ادغام آن با روش‌های ترکیبی (مانند یادگیری معکوس) مفید خواهد بود (هالیم و همکاران، ۲۰۲۲؛ چاندر و همکاران، ۲۰۲۴). بررسی تأثیر بر متغیرهای میانجی مانند خودکارآمدی یا اضطراب ریاضی (سن، ۲۰۲۲؛ قاضی و همکاران، ۱۳۹۸)، و کاربرد در پایه‌های دیگر یا دروس غیر ریاضی، پیشنهاد می‌شود. علاوه بر این، مطالعات کیفی برای کاوش تجربیات دانش‌آموزان و معلمان در استفاده از وردوال، و ارزیابی اثرات فرهنگی در جوامع ایرانی، می‌تواند ادبیات را غنی سازد (سواری، ۲۰۲۳؛ سامینار، ۲۰۱۹). در نهایت، پژوهش‌های مداخله‌ای بر آموزش ذهنیت عاملانه معلمان برای تقویت تعاملات دیالکتیکی توصیه می‌شود.

معلمان ریاضی ابتدایی در سنج و سایر مناطق ایران می‌توانند از وردوال به‌عنوان رسانه جایگزین برای آموزش مفاهیم عددنویسی، اعداد مرکب، الگوها، و عملیات جمع، تفریق، ضرب و تقسیم اعداد مخلوط استفاده کنند. مدیران آموزشی باید آموزش‌های کارگاهی برای ادغام فناوری در برنامه درسی فراهم آورند و دسترسی به اینترنت و حساب‌های رایگان را تسهیل نمایند. سیاست‌گذاران آموزشی، بر اساس گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۲۲)، می‌توانند وردوال

همکاران، ۱۳۹۸؛ سن، ۲۰۲۲). همچنین گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۲۲) مبنی بر مشکلات ۳۰-۴۰ درصدی درگیری در ریاضی کشورهای درحال توسعه، اهمیت این یافته‌ها را برجسته می‌کند، جایی که روش‌های سنتی اغلب به بی‌انگیزگی منجر می‌شود (تزر و کار است، ۲۰۱۰؛ نورکریم قونیتا و مونترزوا، ۲۰۲۳). مداخله وردوال با تبدیل تمرین‌های تکراری (مانند مباحث اعداد مخلوط) به یک فرایند بازی‌محور و تعاملی، احتمالاً اضطراب ریاضی را کاهش داده است، این موضوع با یافته‌های تان و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر اهمیت محیط امن در یادگیری همخوانی دارد. زمانی که دانش‌آموزان به‌صورت عاملانه درگیر یادگیری می‌شوند، پردازش شناختی عمیق‌تری رخ می‌دهد که این امر مستقیماً به نتایج یادگیری بهتر، آن‌گونه که در پژوهش‌های همسو نیز (مانند سواری، ۲۰۲۳؛ هالیم و همکاران، ۲۰۲۲) گزارش شده، منجر می‌شود.

در ایران نیز پژوهش محمدآبادی و شاه‌محمدی (۱۴۰۴) نشان داد که بازی‌های رایانه‌ای موجب تنظیم هیجان شناختی و افزایش توجه به برنامه‌های آموزشی می‌شوند. در این پژوهش، وردوال با فعالیت‌های گروهی مانند جفت‌سازی و رقابت‌های تیمی، بستری برای مشارکت فعال دانش‌آموزان فراهم کرد و معلم توانست نقش تسهیل‌گر را ایفا کند، دانش‌آموزان را به همکاری و تبادل ایده‌ها ترغیب نماید و حس تعلق و ارتباط با محیط یادگیری را تقویت کند. نهایتاً، باید تأکید کرد که وردوال نقش معلم را از سخنران به تسهیل‌گر تغییر داد. فعالیت‌های گروهی (مانند جلسه هفتم) و بازخوردهای فوری و غیر تنبیهی، آن «محیط امن» و «رابطه مثبت» معلم - دانش‌آموزی را که پژوهش‌ها (مانند تان و همکاران، ۲۰۱۸؛ مارتین و کولی، ۲۰۱۹) برای بروز درگیری عاملانه حیاتی می‌دانند، تقویت کرد. در واقع، این پژوهش نشان داد که ادغام یک ابزار هوش مصنوعی تعاملی با یک رویکرد آموزشی حمایتگر، می‌تواند ذهنیت عاملانه دانش‌آموزان را پرورش داده و آن‌ها را برای تأثیرگذاری فعال بر جریان یادگیری خود توانمند سازد.

علی‌رغم نقاط قوت، این پژوهش محدودیت‌هایی دارد. نخست، نمونه‌گیری در دسترس از یک آموزشگاه خاص (اندیشه‌سازان برتر سنج) و حجم نمونه کوچک (۴۰ نفر دانش‌آموز پسر)، تعمیم‌پذیری نتایج را به جامعه بزرگ‌تر محدود می‌کند. دوم،

را در برنامه‌های ملی گیمیفیکیشن ریاضی بگنجاند تا درگیری عاملانه را در سطح ملی افزایش دهند. ولدین نیز تشویق شوند تا فعالیت‌های خانگی وردوال را برای تقویت یادگیری حمایت کنند.

در مجموع این پژوهش نشان داد که هوش مصنوعی وردوال، به عنوان ابزاری تعاملی و بازی محور، نه تنها درگیری عاملانه را افزایش می‌دهد، بلکه عملکرد تحصیلی در ریاضی را بهبود می‌بخشد و به ایجاد محیط‌های یادگیری حمایتی کمک می‌کند. در نهایت، وردوال پلی به سوی آموزش یادگیرنده محور است که انگیزش درونی را پرورش می‌دهد و موفقیت تحصیلی را تضمین می‌کند و پیشنهاد می‌شود به عنوان راهکاری عملی در نظام آموزشی ایران اتخاذ شود.

دسترسی به داده‌ها

تمام داده‌های به کار رفته در این پژوهش به صورت کامل در دسترس هستند و می‌توانند بنا به درخواست پژوهشگران علاقه‌مند ارائه شوند.

تعارض منافع

نویسنده هیچ گونه تعارض منافی ندارد.

مشارکت‌های نویسندگان

نویسنده مقله مسئول طراحی پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج و نگارش نسخه نهایی مقاله بوده است.

تأمین مالی

کلیه هزینه‌های پژوهش حاضر توسط نویسنده مقاله تأمین شده است.

شفافیت

نویسنده به طور کامل متعهد به شفافیت علمی است و تمامی اطلاعات مربوط به روش‌شناسی، داده‌ها و نتایج به طور صریح در مقاله ارائه شده است تا امکان بازتولید و بررسی مستقل پژوهش فراهم باشد.

References

- Andriany, R & Warsiman, W. (2023). The Use of Wordwall-Based Learning Media in the Era of Independent Learning to Increase the Learning Interest of Elementary School Students. *GHANCARAN: Journal of Indonesian Language and Literature Education*, 406–422. <https://doi.org/10.19105/ghancaran.vi.8209>
- Bandura, A. (2013). The role of self-efficacy in goal-based motivation. In E. A. Locke & G. P. Latham (Eds.), *New developments in goal setting and task performance* (pp. 147–157). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Bela Vista, E. R. Chasanatun, F & Kustini, K. (2023). Increasing The Learning Interest Of Grade Iv Students Through Wordwall Online Game Media In Ppkn Subjects. *Authentic: Journal of Basic Education Development*, 7(2), 271–279. <https://doi.org/10.36379/autentik.v7i2.357>
- Chand, S. Chaudhary, K. Prasad, A & Chand, V. (2021). Perceived causes of students' poor performance in mathematics: A case study at Ba and Tavua secondary schools. *Frontiers in applied mathematics and statistics*, 7, 614408. <https://doi.org/10.3389/fams.2021.614408>
- Chandra, L. D. Pargito, P. Yulianti, D & Maulina, D. (2024). Development of Animation Learning Media Based on PBL to Improve Thematic Learning Outcomes Students. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 5(3), 702–714. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v5i3.600>
- Christenson, S. L. Reschly, A. L & Wylie, C. (Eds.). (2012). *The handbook of research on student engagement*. New York, NY: Springer Science.
- Dewaele, J.-M. (2019). The effect of classroom emotions, attitudes toward English, and teacher behavior on willingness to communicate among English foreign language learners. *Journal of Language and Social Psychology*, 38(4), 523–535. <https://doi.org/10.1177/0261927X19864996>
- Elhefni, E. Adib, H. S. Ariani, R & Safitri, R. (2023). Use of word wall learning media

- to improve learning outcomes indonesian learning in elementary schools. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(2), 1556-1562. DOI: [10.35445/alishlah.v15i2.1447](https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i2.1447)
- Ferlina, L & Fratiwi, N. J. (2024). Edugame Wordwall: Sebuah Media Untuk Meningkatkan Minat Belajar Matematika Siswa Sekolah Dasar. *Walada: Journal of Primary Education*, 3(2).
<https://doi.org/10.61798/wjpe.v3i2.126>
- Fitria, T. N. (2023). Creating an education game using Wordwall: An interactive learning media for English language teaching (ELT). *Foremost Journal*, 4(2), 115-128.
<http://dx.doi.org/10.33592/foremost.v4i2.3610>
- Ghaedi, B. Gholtas, A. Hashimi, A & Mashinchi, A. A. (2019). The Effectiveness of Teaching Based on Social Constructivism on Academic Achievement, Critical Thinking, and Academic Achievement Motivation in Elementary Sixth Grade Students. *Research in Teaching*, 7(2), 37-53. doi: 10.34785/J012.2019.515. [In Persian].
- Haleem, A. Javid, M. Qadri, M. A & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3(February), 275–285.
<https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Harefa, D & Hulu, F. (2024). Mathematics learning strategies that support Pancasila moral education: Practical approaches for teachers. *Afore: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 51-60.
<https://doi.org/10.57094/afore.v3i2.2299>
- Hasan, H. Imama, N. Latif, F. Rozaqi, A. L. L. Hamid, M. R. A. Thoha, M & Surur, M. (2024). Harnessing technology in education: The effectiveness of wordwall games in enhancing students' engagement. *Journal of Research, Review and Educational Innovation*, 2(2), 70–77.
<https://doi.org/10.47668/jrrei.v2i2.1637>
- Hidayah, V. N & Andriani, A. (2023). The use of Wordwall learning media on student interest and motivation in IPAS learning at elementary school. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Social Sciences (ICONESS 2023)* (22–23 July 2023, Purwokerto, Central Java, Indonesia). EAI.
<http://dx.doi.org/10.4108/eai.22-7-2023.2335123>
- Hosseini, N. (2025). Explaining the role of artificial intelligence literacy in enhancing pre-service teachers' higher-order thinking skills through the mediation of behavioral engagement and peer interaction. *Technology and Scholarship in Education*, 5(2), 55-75. doi: 10.30473/t-edu.2025.74462.1271. [In Persian].
- Hidayaty, A. Qurbaniah, M & Setiadi, A. E. (2022). The influence of word wall on students' interest and learning outcomes. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 15(2), 211-223.
<https://doi.org/10.21831/jpipfip.v15i2.51691>
- Imanulhaq, R & Prastowo, A. (2022). Edugame Wordwall: Mathematics Learning Innovation at Madrasah Ibtidaiyah. *Journal of Pedagogos: Journal of Education STKIP Bima*, 4(1), 33-41.
- Jadidi Mohammadabadi, A and Shahmohammdi, A. (2025). The Effect of Educational Computer Games on Students' Accuracy and Concentration. *Technology and Scholarship in Education*, 5(3), 9-21. doi: 10.30473/t-edu.2024.72759.1217. [In Persian].
- Jang, H. Kim, E.-J & Reeve, J. (2012). Longitudinal test of selfdetermination theory's motivation mediation model in a naturally occurring classroom context. *Journal of Educational Psychology*, 104, 1175–1188.
[doi:10.1037/a0028089](https://doi.org/10.1037/a0028089)
- Khan, S. B. (2012). Preparation of Effective Teachers of Mathematics for Effective Teach-ing of Mathematics. *Journal of Educational and Instructional Studies in*

- The World*, 2 (4): 82-88. ISSN: 2146-7463.
- Ladd, G. W & Dinella, L. M. (2009). Continuity and change in early school engagement: Predictive of children's achievement trajectories from first to eighth grade? *Journal of Educational Psychology*, 101, 190-206. [doi:10.1037/a0013153](https://doi.org/10.1037/a0013153).
- Lee, W. C & Lai, C. L. (2024). Facilitating mathematical argumentation by gamification: A gamified mobile collaborative learning approach for math courses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(Suppl 1), 11-35. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10462-6>
- Lestari, R & Rohmani, R. (2024). Analysis of the effectiveness of Wordwall media use on science learning outcomes in elementary schools. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 5(4), 891-905. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v5i4.634>
- Mahmodi, M & ghoreishi, S. A. (2023). The effect of using a smart board on the level of motivation and sustainability of elementary school students' math lessons. *Technology and Scholarship in Education*, 2(4), 25-35. doi: 10.30473/t-edu.2023.67744.1078. [In Persian].
- Mameli, C & Passini, S. (2019). Development and validation of an enlarged version of the student Agentic Engagement Scale. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 37(4), 450-463. <https://doi.org/10.1177/0734282918757849>
- Marlita, I. N. Patonah, S. Ariestanti, E & Miyono, N. (2024). Analisis penggunaan media pembelajaran wordwall game dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 7(2), 725-735. <https://doi.org/10.30605/jsgp.7.2.2024.4229>
- Martin, A. J & Collie, R. J. (2019). Teacher-student relationships and students' engagement in high school: Does the number of negative and positive relationships with teachers matter? *Journal of Educational Psychology*, 111(5), 861-876. <https://doi.org/10.1037/edu0000317>
- Maslahat, S. Alawiyah, A & Sugara, R. D. H. (2024). The Effectiveness of Wordwall Game-Based Learning Media on Student Learning Outcomes of Simple Past Tenses. *JEdu: Journal of English Education*, 4(2), 104-113. <https://doi.org/10.30998/jedu.v4i2.11198>
- Nisa, A. K. Noptario, N & Muzaini, M. C. (2024). Utilization of Wordwall as an application for elementary school thematic learning evaluation. *EDUCARE Journal of Primary Education*, 5(1), 23-34. <https://doi.org/10.35719/educare.v5i1.234>
- Nissa, S. F & Renoningtyas, N. (2021). The Use of Wordwall Learning Media to Increase Students' Interest and Motivation in Thematic Learning in Elementary Schools. *EDUCATIVE: Journal Of Educational Sciences*, 3(5), 2854-2860. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i5.880>
- Nurkarim, A. W. Qonita, W & Monterroza, D. (2023). The students mathematics motivation scale: a measure of intrinsic, extrinsic, and perceptions of mathematics. *International Journal on Teaching and Learning Mathematics*, 6(1), 42-51. <https://doi.org/10.18860/ijtlm.v6i1.23610>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Ottmar, E. R, Rimm-Kaufman, S. E. Larsen, R. A. & Berry, R. Q. (2015). Mathematical Knowledge for Teaching, Standards-Based Mathematics Teaching Practices, and Student Achievement in the Context of the Responsive Classroom Approach.

- American Educational Research Journal*, 52, 4,787-821.
<http://dx.doi.org/10.3102/0002831215579484>
- Patall, E. A. (2024). Agentic engagement: Transcending passive motivation. *Motivation Science*. Advance online publication. doi: 10.1037/mot0000332
- Patall, E. A. Kennedy, A. A. Yates, N. Zambrano, J. Lee, D & Vite, A. (2022). The relations between urban high school science students' agentic mindset, agentic engagement, and perceived teacher autonomy support and control. *Contemporary Educational Psychology*, 71, 102097.
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2022.102097>
- Patall, E. A. Pituch, K. A. Steingut, R. R. Vasquez, A. C. Yates, N & Kennedy, A. A. U.(2019). Agency and high school science students' motivation, engagement, and classroom support experiences. *Journal of Applied Development Psychology*, 62, (77-92).
<https://doi.org/10.1016/j.appdev.2019.01.004>
- Pradini, P. C & Adnyayanti, N. L. P. E. (2022). Teaching English Vocabulary to Young Learners with Wordwall Application: An Experimental Study. *Journal of Educational Study*, 2(2), 187–196.
<https://doi.org/10.36663/joes.v2i2.351>
- Putra, M. A. P. A. Baiduri, B & Zukhrufurrohmah, Z. (2024). Wordwall Interaction Media Development to Increase Mathematical Connection and Visual Thinking of Junior High School Students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(2), 569-581.
<https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i2.p569-581>
- Putri, C. A. Hanifah, N. H & Ningrum, D. E. A. F. (2024). The effect of the use of Wordwall media on the learning outcomes of grade 5 students on IPAS learning. *Proceeding International Conference on Islamic Education*, 9, 2477-3638. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Reeve, J. (2013). How students create motivationally supportive learning environments for themselves: The concept of agentic engagement. *Journal of educational psychology*, 105(3), 579.
DOI: 10.1037/a0032690
- Reeve, J & Tseng, M. (2011). Agency as a fourth aspect of student engagement during learning activities. *Contemporary Educational Psychology*, 36, 257–267.
[doi:10.1016/j.cedpsych.2011.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.05.002)
- Reeve, J. Jang, H. R. Shin, S. H. Ahn, J. S. Matos, L., & Gargurevich, R. (2022). When students show some initiative: Two experiments on the benefits of greater agentic engagement. *Learning and Instruction*, 80, 101564.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101564>
- Richardo, E. Y & Kholifah, S. (2023). Improving Mathematical Reasoning Skills And Learning Interests Through Wordwall Educational Games. *Journal of Educational Review and Research*, 6(2), 161.
<https://doi.org/10.26737/jerr.v6i2.5178>
- Sameroff, A. (Ed.). (2009). *The transactional model of development: How children and contexts shape each other*. Washington, DC: American Psychological Association.
doi:10.1037/11877-000
- Sen, E. O. (2022). Middle School Students' Engagement in Mathematics and Learning Approaches: Structural Equation Modelling. *Pedagogical Research*, 7(2), em0124.
<https://doi.org/10.29333/pr/11908>
- Setiawan, Y & Andrianto, D. (2024). The Effectiveness of Wordwall-Based Learning Media in Increasing Interest in Learning Islamic Religious Education at SMPN 02 Abung Pekurun. *Al-Bustan: Journal of Islamic Education*, 1(2), 83–97.
<https://doi.org/10.62448/ajpi.v1i2.73>
- Setyorini, D. Suneki, S. Prayitno, M & Prasetiawati, C. (2024). Increase Interest In Learning By Using 4th Grade Wordwall Media In Elementary School.

- Synektik Journal*, 6(1), 25–31.
<https://doi.org/10.33061/js.v6i1.8885>
- Shafwa, E & Hikmat, A. (2023). The effectiveness of evaluation of mathematics learning using Wordwall media in elementary school. Scaffolding: Jurnal Pendidikan Islam dan Multikulturalisme, 5(3), 1–12.
<https://doi.org/10.37680/scaffolding.v5i2.3406>
- Shofiya Launin, Wahyu Nugroho & Angga Setiawan. (2022). The Influence of Wordwall Online Game Media to Increase the Learning Interest of Grade IV Students. *JUPEIS: Journal of Education and Social Sciences*, 1(3), 216–223.
<https://doi.org/10.55784/jupeis.Vol1.Iss3.176>
- Skinner, E. A. Kindermann, T. A. Connell, J. P., & Wellborn, J. G. (2009). Engagement and disaffection as organizational constructs in the dynamics of motivational development. In K. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation in school* (pp. 223–245). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Suminar, D. (2019). *Penerapan teknologi sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran sosiologi*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2(1), 774–783. p-ISSN 2620-9047, e-ISSN 2620-9071.
- Suwandi, S & Zunidar. (2025). The influence of Wordwall learning media and learning interest on learning outcomes. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 6(1), 1972.
<https://doi.org/10.46843/jiecr.v6i1.1972>
- Swari, N. K. T. A. (2023). Wordwall As a Learning Media To Increase Students' Reading Interest. *Jurnal Pendidikan Bahasa Inggris Indonesia*, 11(1), 21–29.
<https://doi.org/10.23887/jpbi.v11i1.1572>
- Tan, D. Yu, M & Wang, C. (2018). International students in higher education: Promoting their willingness to communicate in classrooms. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 10(4), 430–442.
<https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2018-0008>
- Tezer, M and Karasel, N. (2010). Attitudes of pri-mary school 2nd and 3rd grade students to-wards mathematics course. *Journal of Proce-dia Social and Behavioral Sciences*, 2, 5808-5812.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.947>
- Tjaolo, N. A. Sabang, S. M & Manitu, A. (2025). Penggunaan media Wordwall untuk meningkatkan minat belajar Pendidikan Pancasila pada peserta didik kelas VI sekolah dasar. *Jurnal Genta Mulia*, 16(1).
<https://ejournal.uncm.ac.id/index.php/gm/index>
- Van Alten, D. C. D. Phielix, C. Janssen, J & Kester, L. (2020). Self-regulated learning support in flipped learning videos enhances learning outcomes. *Computers and Education*, 158(February), 104000.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104000>