43815
Iranian Educational Technology Association

Journal of Trends and Achievements in Learning Technology

Homepage: https://jlt.iaet.ir/

The Impact of Artificial Intelligence on Teaching 11th-Grade Geometry to Address Conceptual Errors Based on the Intelligent Tutoring Systems (ITS) Model

Esmaeil Yousefi [1*] | **Hamid Rasouli** [2] | **Taha Yaghoubi** [3]

1. *Corresponding Author,* PhD. in Mathematics Education, Assistant Professor, Department of Mathematics, SR.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: Esmaeil.yousefi@iau.ac.ir
2. PhD. in Mathematics, Associate Professor, Department of Mathematics, SR.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: h.rasouli@iau.ac.ir
3. Master's Student. in Mathematics Education, Department of Mathematics, SR.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: tahaya11680@gmail.com

Print ISSN: 3060-7167
Online ISSN: 3060-656X

Article Type: Reserch Article

Article history:
Received July 04, 2025
Received in revised form August 26, 2025
Accepted September 15, 2025
Published Online September 27, 2025

Keywords:
Artificial Intelligence, Mathematics Education, Adaptive Learning, Intelligent Tutoring Systems, Spatial Visualization

ABSTRACT

This study aimed to investigate the impact of using artificial intelligence-based educational systems on learning geometry concepts and correcting conceptual errors among 11th-grade mathematics-physics students. Using a quasi-experimental approach (pre-test–post-test with a control group), 110 students from two high schools in Malard County were divided into a control group (traditional method) and an experimental group (AI-based method). The results showed that the students in the experimental group performed significantly better than those in the control group, and 85% of them reported increased interest in geometry. AI-based tools, through behavioral analysis, adaptive learning, and intelligent feedback, had a positive effect on students' understanding of geometric concepts, motivation, and academic achievement. The findings suggest that integrating artificial intelligence in education can be considered an effective supplement in teaching geometry.

Cite this Article: Yousefi, E., Rasouli, H., & Yaghoubi, T. (2025). The Impact of Artificial Intelligence on Teaching 11th-Grade Geometry to Address Conceptual Errors Based on the Intelligent Tutoring Systems (ITS) Model. *Trends and Achievements in Learning Technology*, 2(7), 5-22. https://doi.org/10.22034/jlt.2025.2064779.1041

© Author(s)
Publisher: Iranian Educational Technology Association

Introduction

In recent decades, artificial intelligence (AI) has emerged as a transformative tool in educational systems. Particularly in mathematics education, which consistently faces challenges such as abstract concepts and individual learning differences, AI-based technologies can open new learning pathways. Geometry, due to its spatial and visual nature, is among the most challenging topics for students. This study investigates the effectiveness of AI-based intelligent tutoring systems in teaching geometry concepts to 11th-grade students. The main objective is to assess how such technologies influence the reduction of conceptual errors, increase learning motivation, and enhance academic performance

Methodology

This research employed a quasi-experimental design with pre-test and post-test, including a control group. The statistical population comprised 110 eleventh-grade mathematics-physics students from two high schools in Malard County (Iran), selected via convenience sampling and divided equally into an experimental group (AI-based instruction) and a control group (traditional instruction). The data collection tools included a geometry achievement test, a learning motivation questionnaire based on Carroll's model, and a checklist for analyzing conceptual errors. The validity of the tools was confirmed by expert review and CVR scores, while their reliability was assessed using Cronbach's alpha and test-retest methods. Data analysis was performed using SPSS, employing statistical methods such as independent t-test, ANCOVA, and Pearson correlation analysis.

Data Analysis

Findings indicated a significant increase in post-test scores of the experimental group ($M=16.72$) compared to the control group ($M=12.38$) ($p<0.001$). ANCOVA results confirmed the independent effect of AI-based instruction on academic performance. Regarding motivation, the experimental group scored significantly higher than the control group ($t=6.41$, $p<0.001$). Furthermore, conceptual errors in the experimental group decreased dramatically (e.g., misidentification of geometric shapes dropped from 26% to 7%). These results suggest that AI was effective in identifying and correcting misconceptions, delivering targeted feedback, and increasing student motivation.

Discussion and Conclusion

This study demonstrated that the use of intelligent educational systems significantly improves understanding of geometric concepts, enhances academic motivation, and reduces conceptual errors among students. AI-based learning leveraging pattern recognition, real-time feedback, and interactive simulations transforms instruction from a passive model into a dynamic, personalized experience. The findings support the positive role of smart technologies in developing adaptive learning models for mathematics education. Based on these outcomes, it is recommended that the educational system invests in infrastructure and teacher training to incorporate AI tools, particularly in teaching complex subjects such as geometry.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه
روندها و دستاوردها در فناوری یادگیری
Homepage: https://jlt.iaet.ir/
انجمن فناوری آموزشی ایران ۴۳۸۱۵

تأثیر هوش مصنوعی در آموزش هندسه پایه یازدهم برای رفع خطاهای مفهومی بر اساس مدل سیستم‌های آموزشی هوشمند (ITS)

اسماعیل یوسفی [۱*] | حمید رسولی [۲] | طه یعقوبی [۳]

۱. *نویسنده مسئول*، استادیار گروه آموزش ریاضی، دپارتمان ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه: Esmaeil.yousefi@iau.ac.ir

۲. دانشیار گروه ریاضی، دپارتمان ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه: h.rasouli@iau.ac.ir

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آموزش ریاضی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه: tahaya11680@gmail.com

شاپا چاپی:
۷۱۶۷-۳۰۶۰
شاپا الکترونیکی:
۶۵۶-۳۰۶۰x

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

کلیدواژه‌ها:
هوش مصنوعی،
آموزش ریاضی،
یادگیری تطبیقی،
سیستم‌های هوشمند آموزشی،
تجسم فضایی

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر استفاده از سیستم‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی بر یادگیری مفاهیم هندسه و رفع خطاهای مفهومی در دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته ریاضی–فیزیک انجام شد. با توجه به پیچیدگی مفاهیم هندسی و خطاهای مفهومی در این درس، نیاز به روش‌های نوین آموزشی احساس می‌شود. هوش مصنوعی، به‌ویژه در قالب سیستم‌های آموزشی هوشمند (ITS)، این قابلیت را دارد که با تحلیل الگوهای رفتاری دانش‌آموزان، بازخوردهای شخصی‌سازی‌شده و آموزش تطبیقی ارائه دهد و فرایند یادگیری را اثربخش‌تر سازد. این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری شامل دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته ریاضی–فیزیک در شهرستان ملارد در سال تحصیلی ۱۴۰۴–۱۴۰۳ است که ۱۱۰ نفر به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی انتخاب و در دو گروه آزمایش (۵۵ نفر) و کنترل (۵۵ نفر) قرار داده شد. گروه آزمایش با استفاده از سامانه آموزش هندسه مبتنی بر هوش مصنوعی، و گروه کنترل به روش سنتی و مبتنی بر تدریس معلم آموزش دیدند. ابزار گردآوری داده‌ها شامل آزمون عملکرد هندسه، پرسش‌نامه سنجش علاقه‌مندی به هندسه و تحلیل کیفی پاسخ‌های مفهومی بود. نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که عملکرد دانش‌آموزان گروه آزمایش در آزمون پس‌آزمون به‌طور معناداری بهتر از گروه کنترل بود. همچنین ۸۵٪ از دانش‌آموزان گروه آزمایش افزایش، علاقه‌مندی به درس هندسه و درک بهتر مفاهیم آن را گزارش کردند. یافته‌ها نشان داد استفاده از هوش مصنوعی در قالب آموزش تطبیقی، تحلیل خطاهای مفهومی و بازخورد هوشمند می‌تواند به‌طور چشمگیری در ارتقاء یادگیری مفاهیم هندسی و کاهش خطاهای رایج دانش‌آموزان مؤثر باشد.

استناد به این مقاله: یوسفی، اسماعیل، رسولی، حمید، و یعقوبی، طه. (۱۴۰۴). تأثیر هوش مصنوعی در آموزش هندسه پایه یازدهم برای رفع خطاهای مفهومی بر اساس مدل سیستم‌های آموزشی هوشمند (ITS). *نشریه روندها و دستاوردها در فناوری یادگیری*، ۲(۷)، ۵–۲۲.
https://doi.org/10.22034/jlt.2025.2064779.1041

© نویسنده(گان)
ناشر: انجمن فناوری‌های آموزشی ایران

مقدمه

تحولات فناورانه چند دهه اخیر، به‌ویژه در حوزه یادگیری دیجیتال، زمینه‌ساز دگرگونی‌های گسترده‌ای در نظام‌های آموزشی شده‌اند. هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از نویدبخش‌ترین فناوری‌ها، با ورود به عرصه آموزش‌وپرورش، چشم‌اندازهای نوینی برای بهبود کیفیت یاددهی–یادگیری فراهم آورده است (Chen et al., 2021). در عصری که داده‌ها نقش محوری در تصمیم‌گیری و تحلیل دارند، استفاده از هوش مصنوعی در تحلیل رفتارهای یادگیری، ارائه بازخورد آنی، و طراحی مسیرهای آموزشی شخصی‌سازی‌شده، موجب توجه روزافزون پژوهشگران به این فناوری در آموزش شده است (Dos Santos et al., 2023).

از سوی دیگر، آموزش ریاضی همواره یکی از چالش‌برانگیزترین حوزه‌های آموزش رسمی در مقاطع مختلف تحصیلی بوده و نیازمند نوآوری‌های جدی در روش‌های تدریس است. در میان مباحث ریاضی، هندسه به دلیل ماهیت بصری، نیاز به تجسم فضایی، استدلال منطقی و مفاهیم انتزاعی، برای بسیاری از دانش‌آموزان دشوارتر از دیگر مفاهیم تلقی می‌شود (Uygun et al., 2024). این دشواری، به‌ویژه در پایه یازدهم که مفاهیم پیچیده‌تری در هندسه آموزش داده می‌شود، نمود بیشتری پیدا می‌کند. روش‌های سنتی تدریس که بر انتقال مستقیم مفاهیم و تمرین‌های تکراری تأکید دارند، در اغلب موارد توان پاسخ‌گویی به تفاوت‌های فردی، سبک‌های متنوع یادگیری و نیازهای آموزشی نوین را ندارند. سیستم‌های هوشمند آموزشی، در قالب مدل‌های یادگیری تطبیقی، سامانه‌های توصیه‌گر، شبیه‌سازهای سه‌بعدی و ابزارهای تحلیل یادگیری، توانسته‌اند در سال‌های اخیر جایگاه قابل‌توجهی در آموزش ریاضی پیدا کنند (Holmes et al., 2019; Li et al., 2024).

پژوهش‌های مختلفی نشان داد که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین به‌ویژه هوش مصنوعی، می‌تواند با فراهم ساختن محیط‌های یادگیری تعاملی، سازگار با توانمندی‌های یادگیرنده، درک مفاهیم دشوار هندسی را تسهیل نماید (Li et al., 2024; Magdalena-Benedicto et al., 2023). سیستم‌های آموزشی هوشمند[1] (ITS) با تحلیل الگوهای رفتاری و شناختی دانش‌آموزان، محتوای آموزشی متناسب با نیازهای آنان را ارائه داده و از طریق بازخوردهای هدفمند، مسیر یادگیری را به‌صورت پویا تنظیم می‌کنند (Shute & Towle, 2003). در این سیستم، پایش

1. Intelligent Tutoring Systems

توانایی‌ها، ضعف‌ها، سبک یادگیری و نقشه مفهومی ریاضی، هم‌چنین انتخاب راهبرد مناسب آموزشی برای هر یادگیرنده موردبررسی قرار می‌گیرد. محیط‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، توانایی شخصی‌سازی آموزش و تقویت مهارت‌های استدلال فضایی دانش‌آموزان را دارند (Holmes et al., 2019). Li و همکاران (2024) نیز در پژوهش خود نشان دادند که استفاده از شبیه‌سازهای هندسی هوشمند باعث افزایش یادگیری عمیق و کاهش خطاهای مفهومی در دانش‌آموزان متوسطه می‌شود.

رجبیان و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان « تأثیر شبیه‌سازی آموزشی مبتنی بر رایانه بر مهارت‌های حل مسئله و توانایی شناختی دانش‌آموزان.» به این نتیجه رسید که استفاده از پلتفرم‌های آموزشی هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی، باعث بهبود معنی‌دار در توانمندی‌های تحلیلی و فضایی دانش‌آموزان می‌شود. یادگیری فعال در بستر فناوری، موجب افزایش تمرکز و خودکارآمدی تحصیلی دانش‌آموزان می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از سیستم‌های تعاملی و پلتفرم‌های تحلیلگر عملکرد می‌تواند انگیزش درونی دانش‌آموزان را افزایش داده و خطاهای مفهومی آنان را کاهش دهد. اناری‌نژاد و همکاران (۱٤۰۱) در پژوهشی با عنوان «کاهش اضطراب ریاضی با استفاده از روش‌های کاربردی و تعاملی» نشان داد که آموزش با استفاده روش‌های کاربردی و تعاملی می‌توان اضطراب دانش‌آموزان را کاهش داد. از این پژوهش می‌توان دریافت که استفاده از سیستم‌های تعاملی و بصری مبتنی بر هوش مصنوعی، تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش اضطراب و افزایش اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان دارد. یافته‌های آن‌ها، به‌ویژه در زمینه آموزش هندسه که بسیاری از دانش‌آموزان با اضطراب بالایی مواجه‌اند، اهمیت دوچندان دارد. اصلی‌آزاد و همکاران (۱۳۹٤) نیز در پژوهشی تجربی، با بررسی اثربخشی آموزش درک روابط فضایی بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان پسر با ناتوانی یادگیری ریاضی، دریافتند آموزش درک روابط فضایی در آموختن ریاضی به دانش‌آموزان کمک می‌کند. استفاده از فناوری‌های آموزشی در شخصی‌سازی محتوای درسی بسیار مؤثرند و باعث ارتقای درک مفاهیم فضایی به‌ویژه در هندسه می‌شوند. این پژوهش ازنظر روش‌شناسی نزدیک به تحقیق حاضر بوده و یکی از معدود مطالعات داخلی است که به جنبه‌های تعاملی و تحلیلی آموزش هندسه پرداخته است. جعفری و همکاران (۱٤۰۲) در مقاله‌ای تحت «عنوان هوش مصنوعی و فناوری های نو در نظام‌های آموزشی: فرصت و چالش» بررسی کردند که هوش مصنوعی و فناوری‌های نو، چه

فرصت‌ها و چالش‌هایی را در سیستم‌های آموزشی ایجاد می‌کنند. پورجمشیدی و کرمی (۱۴۰۳) در پژوهش مرور نظام‌مند کاربردهای هوش مصنوعی در بهبود اختلال ریاضی، یافته‌اند که هوش مصنوعی در تشخیص و غربال‌گری و نیز شخصی‌سازی آموزش، ایجاد محیطی تعاملی، افزایش توجه کودکان دارای اختلال یادگیری کاربرد دارد و می‌تواند عملکرد کودکان را در یادگیری ریاضی بهبود بخشد. از این مطالعه می‌توان استنتاج کرد که آموزش هندسه با استفاده از فناوری‌های دیجیتال و تلفیق آموزش سنتی با محیط‌های شبیه‌سازی‌شده سه‌بعدی، می‌تواند موجب افزایش دقت، سرعت یادگیری و درک مفاهیم فضایی در دانش‌آموزان شود. یوسفی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای تحت عنوان کاربرد نقشه مفهومی و نمودار Vee در تعیین حجم با استفاده از انتگرال پرداختند. آن‌ها نشان دادند یادگیری مفهومی، تأثیری متقابل روی یاددهنده و یادگیرنده دارد، که نقشه‌ی مفهومی و نمودار Vee می‌تواند نقش مهمی در آموزش، یادگیری و ارزشیابی داشته باشند.

بررسی استفاده از فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در آموزش، بیان می‌کند که کشورهای پیشرو در این حوزه، با طراحی و اجرای پلتفرم‌های یادگیری تطبیقی و ارزیابی هوشمند، توانسته‌اند سطح آموزش ریاضی را به‌طور معناداری ارتقا دهند. پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که اگرچه توجه گسترده‌ای به بهره‌گیری از هوش مصنوعی در آموزش ریاضی شده، اما مطالعات هنوز در مراحل مقدماتی هستند و اغلب به بررسی کلی فناوری آموزشی محدود شده‌اند. با وجود این پیشرفت‌ها، نظام آموزشی ایران هنوز در بهره‌گیری مؤثر از هوش مصنوعی، به‌ویژه در تدریس مفاهیم پیچیده‌ای مانند هندسه، با چالش‌هایی جدی روبه‌رو است. ضعف زیرساخت‌های فناورانه، نبود محتوای بومی هوشمند، و فقدان آموزش تخصصی برای معلمان، ازجمله موانعی هستند که مانع از پیاده‌سازی کامل این فناوری در مدارس می‌شوند. از طرف دیگر، مرور پیشینه پژوهشی داخلی نشان می‌دهد که اغلب مطالعات انجام‌شده در زمینه فناوری آموزشی، محدود به ابزارهای چندرسانه‌ای یا نرم‌افزارهای ساده بوده و پژوهشی جامع و داده‌محور درباره تأثیر مستقیم هوش مصنوعی بر آموزش هندسه در سطح متوسطه دوم صورت نگرفته است.

ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی یک مدل یادگیری تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی در آموزش مفاهیم هندسه پایه یازدهم، به دنبال پاسخ به این پرسش محوری است که آیا به‌کارگیری این فناوری می‌تواند به بهبود عملکرد تحصیلی، افزایش انگیزه یادگیری و ارتقای

درک فضایی دانش‌آموزان منجر شود؟ این مطالعه با بهره‌گیری از رویکرد شبه‌آزمایشی، به مقایسه نتایج یادگیری در دو گروه آزمایش (با آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی) و کنترل (با آموزش سنتی) می‌پردازد.

نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند نه‌تنها الگویی برای استفاده از فناوری‌های نوین در تدریس مباحث پیچیده ریاضی فراهم آورد، بلکه مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های آموزشی مبتنی بر شواهد در سطح مدارس و نهادهای آموزشی کشور باشد.

عواملی مانند؛ نبود زیرساخت‌های فناورانه در بسیاری از مدارس دولتی؛ مقاومت معلمان در برابر جایگزینی یا ترکیب فناوری با روش تدریس سنتی؛ کمبود محتوای هوشمند بومی و فارسی‌زبان برای آموزش هندسه؛ نگرانی از وابستگی بیش‌ازحد دانش‌آموزان به فناوری و تضعیف تفکر انتقادی؛ عدم ارزیابی دقیق تأثیر هوش مصنوعی بر تعاملات انسانی در کلاس، چالش‌های اصلی این پژوهش است.

مبانی نظری

در پژوهش حاضر، بهره‌گیری از هوش مصنوعی در آموزش مفاهیم هندسه در چارچوب نظریه‌های یادگیری مختلف بررسی شده است.

مدل سیستم‌های آموزشی هوشمند، با تحلیل داده‌های آموزشی و رفتاری دانش‌آموزان، به ارائه محتوای شخصی‌سازی‌شده، بازخورد فوری، و مسیر یادگیری تطبیقی می‌پردازند. ITS شامل اجزای زیر است:

۱. مدل دانش‌آموز: پایش توانایی‌ها، ضعف‌ها، سبک یادگیری
۲. مدل حوزه دانش: نقشه مفهومی ریاضی
۳. موتور آموزش: انتخاب راهبرد مناسب آموزشی برای هر یادگیرنده
٤. رابط کاربر هوشمند: تعامل تعاملی انسان–ماشین

الگوی یادگیری شخصی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی[1] از یادگیری ماشین و داده‌کاوی برای انطباق محتوای آموزشی با سبک، سرعت و علاقه هر فرد استفاده می‌کنند. برای تحلیل یادگیری[2]،

1. AI-Personalized Learning
2. Learning Analytics

با ثبت و تحلیل داده‌های تعامل کاربران، سیستم می‌تواند مسیر پیشرفت، نقاط ضعف، و الگوهای یادگیری را استخراج و آموزش مناسب ارائه دهد.

پژوهش حاضر در طراحی ابزارهای هوش‌محور، محتوای آموزشی هندسه، و نحوه تعامل با یادگیرنده از اصول نظریه‌های بالا بهره برده است. آموزش از طریق تعامل، بازخورد آنی، شبیه‌سازی مفاهیم، تشخیص اشتباهات، و ارائه تمرین‌های انطباقی دقیقاً مبتنی بر ساخت‌گرایی، یادگیری شناختی، و ITS طراحی شده‌اند، و هدف اصلی آن بررسی تأثیر استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مفاهیم هندسه پایه یازدهم و مقایسه آن با روش‌های سنتی تدریس انجام شده است.

فرضیه‌های استفاده از سیستم آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی باعث بهبود معنادار در عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در درس هندسه نسبت به روش سنتی می‌شود؛ سیستم‌های هوشمند آموزشی با ارائه محتوای تعاملی، موجب افزایش انگیزه یادگیری در دانش‌آموزان می‌شوند؛ بازخوردهای شخصی‌سازی‌شده سیستم هوش مصنوعی به کاهش خطاهای مفهومی در حل مسائل هندسی کمک می‌کند، برای آزمون این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند.

دانش‌آموزانی که با استفاده از هوش مصنوعی آموزش دیده‌اند، در آزمون پس‌آزمون عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل دارند.

روش

این مطالعه ازنظر هدف، کاربردی و ازنظر نحوه گردآوری داده‌ها، نیمه‌تجربی (شبه‌آزمایشی) با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پایه یازدهم رشته ریاضی–فیزیک در دو مدرسه متوسطه دوم (دبیرستان دکتر هشترودی و دبیرستان شهید مدنی) در شهرستان ملارد استان تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۲–۱۴۰۳ بود. از میان جامعه مذکور، به روش نمونه‌گیری در دسترس، ۱۱۰ دانش‌آموز انتخاب و در قالب دو گروه مساوی آزمایش (۵۵ نفر) و کنترل (۵۵ نفر) دسته‌بندی شدند. تلاش شد که دو گروه ازنظر سطح علمی، دسترسی به فناوری، و شرایط آموزشی تا حد امکان همگن باشند.

از سه ابزار اصلی برای گردآوری داده‌ها استفاده شده است:

۱. آزمون عملکرد تحصیلی هندسه (پیش‌آزمون و پس‌آزمون)

این آزمون توسط پژوهشگر بر اساس محتوای کتاب ریاضی پایه یازدهم (فصل هندسه تحلیلی، اشکال فضایی و روابط زاویه‌ای) طراحی شد. این آزمون شامل ۱۵ سؤال چهارگزینه‌ای و ۵ سؤال تشریحی بوده و سطح سؤالات در سطوح مختلف یادگیری بلوم (دانش، درک، کاربرد، تحلیل) طراحی شده است.

۲. پرسش‌نامه انگیزش تحصیلی در درس هندسه

این پرسش‌نامه بر پایه مدل انگیزشی کِرول (Carroll, 1993) طراحی گردید. پرسش‌نامه شامل ۲۰ گویه در طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای است و مؤلفه‌هایی چون علاقه، پشتکار، لذت از یادگیری، و خودکارآمدی را پوشش می‌دهد.

۳. چک‌لیست تحلیل خطاهای مفهومی در حل مسائل هندسه

این چک‌لیست برای بررسی نوع و تعداد خطاهای مفهومی دانش‌آموزان در حین پاسخ‌دهی به سؤالات طراحی شده و شامل ۸ دسته خطای رایج در درک اشکال، حجم‌ها، زوایا و روابط فضایی است.

برای بررسی روایی محتوایی آزمون و پرسش‌نامه‌ها، از روش قضاوت خبرگان (روایی صوری) استفاده شد. نسخه اولیه ابزارها برای پنج نفر از اساتید دانشگاه‌های فرهنگیان و تربیت مدرس که تخصص آن‌ها در حوزه آموزش ریاضی و تکنولوژی آموزشی بود ارسال شد. بازخوردهای آن‌ها منجر به اصلاح واژگان، حذف یا ادغام برخی سؤالات و ارتقای پوشش مفاهیم هدف شد.

ضریب CVR برای گویه‌های پرسش‌نامه انگیزشی، بین ۰/۶۷ تا ۱/۰۰ گزارش شد که بر اساس جدول لاوشه، در سطح قابل‌قبول قرار دارد. همچنین، نرخ توافق خبرگان برای آزمون عملکردی، ۸۸٪ گزارش شد که نشان‌دهنده روایی مطلوب ابزارهاست.

برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. جهت آزمون فرضیه‌ها از روش‌های آماری بهره گرفته شد: آزمون تی مستقل برای مقایسه میانگین دو گروه؛ تحلیل کوواریانس (ANCOVA) برای کنترل اثر پیش‌آزمون؛ تحلیل واریانس تک‌متغیره برای بررسی تأثیر متغیر

مستقل بر نتایج پس‌آزمون؛ آزمون ضریب همبستگی پیرسون جهت تحلیل رابطه میان متغیرهای انگیزشی و عملکرد تحصیلی.

یافته‌ها

در این بخش، داده‌های حاصل از پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه آزمایش (آموزش با هوش مصنوعی) و گروه کنترل (آموزش سنتی) تحلیل شده‌اند. هدف، بررسی تفاوت معنادار میان عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دو گروه و بررسی اثربخشی آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی بر یادگیری مفاهیم هندسی، انگیزه و دقت مفهومی است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین نمرات گروه آزمایش در پس‌آزمون افزایش قابل‌توجهی داشته که نشانگر تأثیر مثبت آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی است. در گروه کنترل نیز افزایش نسبی مشاهده می‌شود، اما به‌مراتب کمتر است.

جدول ۱.

میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون هندسه

گروه	مرحله	میانگین (M)	انحراف معیار (SD)
آزمایش	پیش‌آزمون	۱۰/۸٤	۲/۱۱
آزمایش	پس‌آزمون	۱٦/۷۲	۱/۸۹
کنترل	پیش‌آزمون	۱۰/۹۱	۲/۰۷
کنترل	پس‌آزمون	۱۲/۳۸	۲/۱۵

از جدول ۲ درمی‌یابیم که مقدار سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ است و تفاوت بین دو گروه معنادار است. پس فرضیه اول تأیید می‌شود: آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی باعث افزایش معنادار در عملکرد دانش‌آموزان در هندسه شده است.

جدول ۲.

آزمون تی مستقل برای مقایسه نمرات پس‌آزمون

گروه‌ها	میانگین	انحراف معیار	T	Df	Sig (2-tailed)
آزمایش	۱٦/۷۲	۱/۸۹	۹/۸۷	۱۰۸	۰/۰۰۱
کنترل	۱۲/۳۸	۲/۱۵			

از جدول ۳ می‌بینیم که با کنترل پیش‌آزمون، تفاوت عملکرد گروه‌ها در پس‌آزمون همچنان معنادار است (F=۳۱/۲۲ ،p=۰/۰۰۱) این موضوع نشان‌دهنده تأثیر مستقل و قوی آموزش هوش‌محور بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان است.

جدول ۳.

تحلیل کوواریانس برای کنترل اثر پیش‌آزمون

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
پیش‌آزمون	۱۸۵/۱۲	۱	۱۸۵/۱۲	۲۱/۸۷	۰/۰۰۱
گروه (مستقل)	۲۷۱/۳۵	۱	۲۷۱/۳۵	۳۱/۲۲	۰/۰۰۱
خطا	۹۳۰/٤٤	۱۰٦	۸/۷۸		
کل	۱۳۸٦/۹۱	۱۰۸			

از جدول ٤ نتیجه می‌شود که آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی موجب افزایش معنادار در انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان شده است.

جدول ٤.

تحلیل نمرات انگیزش یادگیری

گروه	میانگین نمره انگیزش	انحراف معیار	t	df	Sig
آزمایش	٤۵/۷٦	٤/۹۸	٦/٤۱	۱۰۸	۰/۰۰۱
کنترل	۳۹/۲۳	۵/۲۲			

همان‌طور که در جدول ۵ میزان خطاهای مفهومی در گروه آموزش‌دیده با هوش مصنوعی به‌طور چشمگیری کاهش یافته، که نشان‌دهنده اثربخشی بازخورد هوشمند سیستم آموزشی است.

جدول ۵.

تحلیل خطاهای مفهومی در هندسه

نوع خطا	درصد در گروه کنترل	درصد در گروه آزمایش
اشتباه در مفهوم زاویه‌ها	۳۱٪	۹٪
تشخیص نادرست اشکال	۲٦٪	۷٪
ضعف در درک حجم یا سطح	۲۲٪	٦٪

نتایج تحلیل آماری نشان می‌دهد که آموزش با هوش مصنوعی باعث افزایش معنی‌دار در نمرات هندسه شده است؛ انگیزه یادگیری در دانش‌آموزان گروه آزمایش به شکل قابل‌توجهی بیشتر از گروه کنترل است؛ میزان خطاهای مفهومی در مباحث هندسه در گروه آزمایش کاهش یافته است؛ سیستم آموزشی مبتنی بر AI توانسته یادگیری عمیق و پایدارتر را برای دانش‌آموزان فراهم آورد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مفاهیم هندسه پایه یازدهم انجام شد. نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که استفاده از سیستم‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی تأثیر معناداری بر یادگیری مفاهیم هندسی، انگیزش تحصیلی و کاهش خطاهای مفهومی دانش‌آموزان دارد. اشتباه در مفهوم زاویه‌ها در گروه کنترل ۳۱٪، درحالی‌که در گروه آزمایش ۹٪ بود. تشخیص نادرست اشکال در گروه کنترل ۲۶٪، اما در گروه آزمایش ۷٪ گزارش شد. ضعف در درک حجم یا سطح برای گروه کنترل ۲۲٪ گزارش شد درحالی‌که برای گروه آزمایش ۶٪ بود. افزایش چشم‌گیر نمرات پس‌آزمون در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل مؤید فرضیه اول پژوهش است که نشان می‌دهد سیستم‌های هوشمند آموزشی می‌توانند با ارائه بازخوردهای سریع، تمرین‌های هدفمند و مسیرهای یادگیری تطبیقی، عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان را بهبود بخشند. از سوی دیگر، یافته‌ها نشان داد که انگیزش تحصیلی در گروه آزمایش به شکل معناداری بالاتر از گروه کنترل است. میانگین نمرات انگیزش گروه آزمایش ۴۵/۷۶، درحالی‌که برای گروه کنترل ۳۹/۲۳ گزارش شد. این نتیجه قابل‌انتظار است، چراکه هوش مصنوعی با بهره‌گیری از محیط‌های تعاملی، شبیه‌سازی بصری و آموزش مبتنی بر بازی[1]، جذابیت یادگیری را افزایش می‌دهد. همچنین، کاهش چشمگیر خطاهای مفهومی در گروه آزمایش، بیانگر اثربخشی هوش مصنوعی در تشخیص ضعف‌های مفهومی و ارائه بازخوردهای هوشمند است. این مهم توسط سیستم‌های یادگیری تطبیقی و تحلیل الگوهای یادگیری[2] امکان‌پذیر می‌شود.

یافته‌های این پژوهش به‌روشنی نشان می‌دهد که بهره‌گیری از هوش مصنوعی در آموزش هندسه می‌تواند: منجر به افزایش درک مفاهیم فضایی و هندسی دانش‌آموزان شود؛ انگیزه و

1. Game-Based Learning
2. Learning Analytics

علاقه‌مندی به ریاضی را در آنان افزایش دهد؛ خطاهای رایج مفهومی در مباحث پیچیده هندسی را کاهش دهد؛ آموزش را از حالتی ایستا و یک‌سویه به حالتی پویا، تعاملی و فردمحور تبدیل کند.

ازاین‌رو، استفاده از فناوری‌های هوشمند در آموزش هندسه، نه‌تنها ممکن، بلکه ضروری است. قابلیت‌های واقعی هوش مصنوعی در ارائه آموزش‌های شخصی‌سازی‌شده و تعاملی؛ میزان اثربخشی مدل‌های یادگیری تطبیقی مبتنی بر AI بر درک مفاهیم فضایی در هندسه؛ آمادگی معلمان، دانش‌آموزان و مدارس برای پذیرش، استفاده و پشتیبانی از فناوری‌های هوشمند در کلاس؛ و همچنین، ارزیابی علمی و داده‌محور از عملکرد سیستم‌های هوشمند در محیط آموزشی واقعی را می‌توان به‌عنوان جنبه‌های مبهم و خلأهای آموزشی در نظر گرفت.

پیشنهادها

پیشنهادهای کاربردی از قرار زیر است:

۱. توسعه و بومی‌سازی سیستم‌های آموزشی هوش‌محور برای تدریس ریاضی، به‌ویژه هندسه، متناسب با نیازهای آموزشی ایران؛
۲. آموزش تخصصی معلمان برای بهره‌گیری از ابزارهای هوش مصنوعی در کلاس درس؛
۳. استفاده از محتوای تعاملی و شبیه‌سازی‌شده در برنامه درسی هندسه پایه یازدهم؛
٤. ایجاد زیرساخت‌های فناوری اطلاعات در مدارس دولتی جهت فراهم کردن شرایط اجرای آموزش هوشمند.

پیشنهادهای زیر را برای پژوهش‌های آینده می‌توان مدنظر قرار داد.

۱. بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر سایر مفاهیم ریاضی مانند جبر، احتمال و مثلثات در پایه‌های مختلف؛
۲. تحلیل تفاوت‌های جنسیتی یا منطقه‌ای در میزان پذیرش یا اثربخشی آموزش مبتنی بر هوش مصنوعی؛
۳. بررسی تأثیر بلندمدت (طی یک سال تحصیلی) آموزش هوشمند بر تثبیت مفاهیم و پیشرفت تحصیلی؛

٤. طراحی الگوریتم‌های هوش مصنوعی بومی‌شده برای تشخیص الگوهای یادگیری فردی دانش‌آموزان ایرانی؛
٥. انجام پژوهش‌های ترکیبی با رویکرد کیفی–کمی برای بررسی نگرش معلمان و دانش‌آموزان نسبت به کاربرد فناوری‌های نوین.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

سپاسگزاری

از تمامی دانش‌آموزان عزیز و اساتید بزرگوار و معلمان گرامی که در این پژوهش، ما را همراهی کردند، صمیمانه تشکر می‌کنیم. امید که یافته‌های این تحقیق هرچند کوچک، در کلاس‌های درس اجرا شوند و چنین پژوهش‌هایی در کشور برای آموزش مفید باشد.

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آموزش ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

اصلی‌آزاد، مسلم، عابدی، احمد، و یارمحمدیان، احمد. (۱۳۹۴). اثربخشی آموزش درک روابط فضایی بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان پسر با ناتوانی یادگیری ریاضی. *روان‌شناسی افراد استثنایی*، ۵(۱۷)، ۱۱۳-۱۳۱. https://doi.org/10.22054/jpe.2015.1464

اناری‌نژاد، عباس، جشن‌سده، مرجان، و ظهوری، حانیه. (۱۴۰۱). کاهش اضطراب ریاضی با استفاده از روش‌های کاربردی و تعاملی. *فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه*، ۸(۲۶)، ۲۶-۳۵. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453649.1401.8.26.3.1

پورجمشیدی، مریم، و کرمی، زهرا. (۱۴۰۳) مرور نظام‌مند کاربردهای هوش مصنوعی در بهبود اختلال ریاضی. *فصلنامه روندها و دستاوردها در فناوری یادگیری*. ۴(۴)، ۱۴۹-۱۷۰. https://doi.org/10.22034/jlt.2025.2056158.1032

جعفری، دل ارا، شاه‌محمدی، مینا، و قندالی، عباس. (۱۴۰۲). هوش مصنوعی و فناوری های نو در نظام‌های آموزشی: فرصت و چالش. *فصلنامه علمی پژوهش‌های نوین در آموزش‌وپرورش*، ۱۲۹-۱۳۹. https://esjournal.ir/fa/paper.php?pid=153

رجبیان‌ده‌زیره، مریم، درتاج، فریبا، اسمعیلی‌گوجار، صلاح، و پوروستایی اردکانی، سعید. (۱۳۹۹). تأثیر شبیه‌سازی آموزشی مبتنی بر رایانه بر مهارت‌های حل مسئله و توانایی شناختی دانش‌آموزان. *فصلنامه روان‌شناسی تربیتی*، ۱۶(۵۷)، ۲۲۱-۲۴۹. https://doi.org/10.22054/jep.2021.46702.2774

یوسفی، اسماعیل، عطاری دزفولی، مریم، و اکبری، هوشنگ. (۱۳۹۹)، کاربرد نقشه مفهومی و نمودار Vee در تعیین حجم با استفاده از انتگرال. *پژوهش‌های نوین در ریاضی*، ۶(۲۳)، ۳۳-۴۰. https://sanad.iau.ir/fa/Article/797069?FullText=FullText

References

AnariNejad, A., Jashnsedeh, M., & Zahoori, H. (2022). Reducing math anxiety using practical and interactive methods. *Poyesh in Basic Science Education Quarterly*, 8(26), 26–35. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453649.1401.8.26.3.1 [In Persian]

Asliazad, M., Abedi, A., Yarrmohammadian, A. (2015). The Effectiveness of Spatial Relations Perception Training on the Mathematics Performance of Boy Students with Math Learning Disability. *Journal of Exceptional Individuals Psychology*, 5(17), 113–131. https://doi.org/10.22054/jpe.2015.1464 [In Persian]

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. *New York: Holt, Rinehart & Winston.*

Bandura, A. (1977). Social learning theory. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.*

Bruner, J. S. (1966). Toward a theory of instruction. *Harvard University Press.*

Carroll, J. B. (1993). Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies. *Cambridge University Press.* https://doi.org/10.1017/CBO9780511571312

Chen, X., Xie, H., & Hwang, G.-J. (2021). A review of artificial intelligence in education: Opportunities and challenges for personalized learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100032. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100032

Chen, X., Xie, H., & Hwang, G.-J. (2021). Artificial al Intelligence in Education: A Review of Current Developments and Challenges.

Dos Santos, L., Silveira, A., & Costa, R. (2023). Evaluating the impact of AI tutoring systems on students' math performance. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20 (1), 1–6. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00485-w

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34 (10), 906–911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. *Center for Curriculum Redesign.* https://curriculumredesign.org

Jafari, D., Shahmohammadi, M., & Ghandali, A. (2023). Artificial intelligence and new technologies in educational systems: Opportunities and challenges. *Quarterly Journal of Modern Research in Education*, 129–139. https://esjournal.ir/fa/paper.php?pid=153 [In Persian]

Li, X., Wang, Y., & Zhao, Z. (2024). Personalized Geometry Learning through AI-Supported Simulations. *Computers & Education*, 210, 104755. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104755

Magdalena-Benedicto, R. et al. (2023). Spatial Reasoning and AI in Geometry Education. *Journal of Mathematics Education.*

Magdalena-Benedicto, R., Ortega-Tudela, J., & García-González, M. (2023). Spatial reasoning development with 3D simulations in geometry education. *Journal of Mathematics Education*, 56 (3), 2576–2591. https://doi.org/10.1016/j.jmath.2023.04.005

Piaget, J. (1973). To understand is to invent: The future of education. Grossman.

Pourjamshidi, M., & Karami, Z. (2024). A systematic review of the applications of artificial intelligence in improving mathematical disorders. *Trends and Achievements in Learning Technology*, 4(4), 149–170. https://doi.org/10.22034/jlt.2025.2056158.1032 [In Persian]

Pourjamshidi, M., Karami, Z. (2024). Systematic Review of the Applications of Artificial Intelligence in Improving Mathematical Disorders. *Quarterly Journal of Trends and Achievements in Learning Technology*, 4(4), 149-170. https://doi.org/10.22034/jlt.2025.2056158.1032 [In Persian]

Rajabian-Dehzireh, M., Dortaj, F., Esmaeili-Goojar, S., & Pourroostaei-Ardakani, S. (2020). The effect of computer-based educational simulation on students' problem-solving skills and cognitive abilities. *Educational Psychology Quarterly*, 16(57), 221–249. https://doi.org/10.22054/jep.2021.46702.2774 [In Persian]

Shute, V. J., & Towle, B. (2003). Adaptive e-learning. *Educational Psychologist*, 38 (2), 105–114. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3802_3

Tall, D., & Dubinsky, E. (1991). Advanced mathematical thinking. *Springer.*

Uygun, T., Kaya, M., & Aydın, M. (2024). Intelligent learning environments in mathematics education: A comprehensive review. *Education and Artificial Intelligence Review*, 1 (1), 1–39.

Van Vaerenbergh, Y., Martens, B., & De Smet, C. (2022). Enhancing students' geometry learning with artificial intelligence: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 27, 3921–3940. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10707-4

VanLehn, K. (2006). The behavior of tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 16, 227–265.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. *Harvard University Press.*

Woolf, B. P. (2010). Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning. *Morgan Kaufmann.* https://doi.org/10.1016/C2009-0-19584-0

Yousefi, E., Attari Dezfuli, M., Akbari, H. (1399). Application of Conceptual Role and V-Diagram in Determining Volume Using Integrals. *Modern Research in Mathematics*, 6(23), 33–40. https://sanad.iau.ir/fa/Article/797069?FullText=FullText [In Persian]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی