New Educational Approaches

New Educational Approaches
E-ISSN: 2423-6780
Vol. 20, Issue 2, No.42, 2025, P: 1-34
Received: 10/12/2024 Accepted: 09/09/2025

Research Article

A Synthesis Study of Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education and Learning (Components and Platforms)

Farokh Feizi: Ph.D. Student in Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
farokh.feizi@gmail.com

Esmaeil Zaraii Zavaraki*: Professor, Department of Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
ezaraii@yahoo.com

Parviz Sharifi Daramadi: Professor, Department of Psychology and Education of Exceptional Children, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
sharifidaramadi@atu.ac.ir

Hassan Rashidi: Professor, Department of Computer Science, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
hrashi@gmail.com

Fatemeh Jafarkhani: Associate Professor, Department of Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
jafarkhanifatemeh6@gmail.com

Abstract

This study aimed to identify and extract the key components affecting artificial intelligence-based intelligent educational systems and platforms offering smart education in mathematics. The method used in the study was a synthesis approach based on the seven-stage model proposed by Cooper (2015). To this end, English-language articles published in journals available in the Web of Science database in the field of education and educational research were searched using two keyword categories: artificial intelligence and related keywords (16 keywords), and mathematics and mathematics education, spanning the years 2000 to 2024. The selection of the articles for the study was carried out using criterion-based sampling, and after the review and screening process, 73 articles were selected for final analysis. The analysis of the sources was done through line-by-line analysis, and MAXQDA software was used to manage the resources and data analysis. The results of the analysis revealed 386 basic codes, which, after removing duplicates, irrelevant ones, and those with low frequency, resulted in the identification of 47 components and 24 intelligent education platforms. The identified components were categorized into 8 groups based on shared characteristics, and the platforms were categorized into 7 groups based on their interaction methods with students. The identification and extraction of key components of intelligent educational systems and their potential and capabilities in AI-based educational service platforms provide an opportunity for designers and users in this field to enhance the effectiveness and efficiency of educational processes through the integration of advanced technologies.

Keywords: Artificial Intelligence, Math Education, Intelligent Tutoring System.

10.22108/nea.2025.143624.2091

Introduction

This study reviews related theories and empirical evidence from educational research on the components of an intelligent system to achieve optimal efficiency in mathematics education. By introducing the main components of intelligent educational systems, it offers solutions to refine some key parameters adjusted by the system. In the second part, a set of significant and widely-used intelligent platforms for mathematics education designed based on artificial intelligence is introduced and analyzed. These platforms include globally recognized software and tools that have attracted the attention of many researchers in the field of intelligent education and learning. The study examines the role of these platforms in improving the learning process, enhancing learner motivation, and facilitating access to personalized education. Ultimately, the study aims to identify the strengths and weaknesses of these systems and propose innovative paths to enhance the effectiveness of intelligent educational systems.

Methodology

The research method employed is a synthesis study based on Cooper's (2015) seven-step model, which includes defining the problem, gathering research evidence, collecting information from selected studies, evaluating the quality of studies, analyzing and integrating results, interpreting evidence, and presenting findings. English articles published in journals indexed in the Web of Science database were searched on June 11, 2024 (corresponding to January 21, 2024) in the fields of education and educational reviewd using two sets of keywords: artificial intelligence (including "artificial intelligence," "machine intelligence," "intelligent support," "intelligent virtual reality," "chat bot*," "machine learning," "automated tutor*," "personal tutor*," "intelligent agent*," "expert system*," "neural network*," "natural language processing," "chatbot*," "intelligent system," and "intelligent tutor*"); and mathematics education (including "mathematics" and "math education") between the years 2000 and 2024. The initial search yielded 89 articles meeting the desired characteristics. After reviewing the abstracts and full texts, 16 articles were excluded from the synthesis process, leaving 73 articles selected for the final analysis. Following Wu et al. (2013), the selection of articles was conducted in two stages. In the first stage, an article was included in the potential analysis pool if it met two qualifying criteria: (a) it included a specific artificial intelligence technique as an intervention to support learning or teaching, and (b) it provided empirical evidence or in-depth analysis (English articles indexed in SSCI). Articles focusing solely on AI development processes without educational implications or adopting AI as a learning topic without utilizing AI were excluded.

Findings

The resources were analyzed through full-text examination and line-by-line analysis. In this phase, 386 fundamental codes were extracted. After eliminating duplicates, irrelevant entries, and low-frequency codes, 47 components with the highest frequency and recurrence among the reviewed articles were identified and extracted. Additionally, 24 platforms for intelligent mathematics education were identified. The extracted components were grouped into eight categories based on shared characteristics: personalization, student grouping, intelligent system design, assessment and remediation, motivation and interaction, online and offline support, educational content and methods, progress monitoring and mastery, and human-AI collaboration. The identified platforms were categorized into seven groups based on their interaction methods with students: platforms with direct user interaction, game-based platforms for student engagement, model-based platforms offering feedback and personalized interaction, simulation-based platforms for deeper interaction, human-AI collaborative problem-solving platforms, interactive platforms emphasizing feedback and social collaboration, and platforms focusing on teaching verbal and conceptual problems.

Discussion and Conclusion

The findings of this study indicate that identifying and utilizing key components in the design of intelligent educational systems plays a significant role in enhancing the quality of the teaching–learning process. The use of modern technologies—particularly artificial intelligence—can lead to a fundamental transformation in the educational system, provided that such systems are designed and implemented based on rigorous theoretical frameworks and the actual needs of learners. An analysis of the data from the present study shows that the proposed components can serve as strategic tools for developing educational modules that support personalized learning, increase learner interaction with content, and enhance active engagement in the learning process. This is especially effective in contexts where learners exhibit diverse abilities, learning styles, and personal interests, potentially resulting in greater instructional effectiveness and improved academic performance.

Moreover, the design of intelligent educational systems based on the extracted components enables continuous monitoring of learning through periodic assessments and targeted feedback, thereby facilitating ongoing refinement and optimization of educational content and learning processes. In addition, employing this approach can support effective student grouping and the adaptation of instructional content to the cognitive and educational characteristics of each group. Overall, it can be concluded that an approach grounded in intelligent components not only addresses the challenges inherent in traditional educational systems but also creates the foundation for a dynamic, flexible, and learner-centered educational environment—paving the way for a fundamental transformation in modern education.

رویکردهای نوین آموزشی
دانشکدۀ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اصفهان
سال بیستم، شمارۀ ۲، شمارۀ پیاپی ٤۲، ١٤٠٤، ص: ۱– ۳٤
تاریخ دریافت: ١٤٠٣/٠٩/٢٠ تاریخ پذیرش: ١٤٠٤/٠٦/١٨
مقاله پژوهشی

سنتزپژوهی سیستم‌های هوشمند آموزشی در آموزش و یادگیری ریاضی (مؤلفه‌ها و سکوها)

فرخ فیضی: دانشجوی دکتری تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
farokh.feizi@gmail.com

اسماعیل زارعی زوارکی*: استاد، گروه علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
ezaraii@yahoo.com

پرویز شریفی درآمدی: استاد، گروه روان شناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
sharifidaramadi@atu.ac.ir

حسن رشیدی: استاد، گروه آموزشی رایانه، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
hrashi@gmail.com

فاطمه جعفرخانی: دانشیار، گروه تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
jafarkhanifatemeh6@gmail.com

چکیده

این مطالعه با هدف شناسایی و استخراج مؤلفه‌های مؤثر در سیستم‌های آموزشی هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی و سکوهای ارائه‌دهندۀ آموزش هوشمند در درس ریاضی انجام شد. روش استفاده‌شده در مطالعه سنتزپژوهی بر اساس مدل هفت‌مرحله‌ای پیشنهادی کوپر (2015) بود. به این منظور، مقاله‌های انگلیسی چاپ‌شده در نشریه‌های موجود در پایگاه داده (Web of Science) در دستۀ آموزش و پژوهش‌های آموزشی با استفاده از دو رشته کلیدواژۀ هوش مصنوعی و کلیدواژه‌های مرتبط (١٦ کلیدواژه) و ریاضی و آموزش ریاضی بین سال‌های ٢٠٠٠ تا ٢٠٢٤ جست‌وجو شدند. انتخاب مقاله‌های مدنظر مطالعه با استفاده از شیوۀ نمونه‌گیری مبتنی بر معیار صورت گرفت و پس از طی مراحل مرور و بازبینی، ٧٣ مقاله برای تحلیل نهایی گزینش شدند. تحلیل منابع به شیوۀ تحلیل خط‌به‌خط انجام شد و برای مدیریت منابع و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شد. نتایج تحلیل منابع استخراج ٣٨٦ کد اساسی بود که پس از حذف موارد تکراری، نامرتبط و با فراوانی کم، ٤٧ مؤلفه و ٢٣ سکوی آموزش هوشمند شناسایی شدند. مؤلفه‌های مدنظر بر اساس ویژگی‌های مشترک در ٨ گروه و سکوهای شناسایی‌شده بر اساس شیوۀ تعامل آنها با دانش‌آموزان در ٧ گروه دسته‌بندی شدند. شناسایی و استخراج مؤلفه‌های مؤثر سیستم‌های هوشمند آموزشی و توانایی و پتانسیل آنها در سکوهای ارائه‌دهندۀ خدمات آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی فرصتی برای طراحان و بهره‌برداران این حوزه است تا ارتقای اثربخشی و کارایی فرایندهای آموزشی از طریق ادغام فناوری‌های پیشرفته را ممکن کنند.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، آموزش ریاضی، سیستم هوشمند آموزشی.

10.22108/nea.2025.143624.2091

مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات در حال تأثیرگذاری بر رویکردها، روش‌ها، شیوه‌ها و ابزارهای آموزشی و تربیتی است. علاوه بر این، این فناوری‌ها، تغییر در پارادایم آموزش را ممکن کرده‌اند (Shoikova, 2017). افزایش سرعت اینترنت و فضای ذخیره‌سازی همراه با پیشرفت‌های رایانش ابری، اطلاعات را برای همهٔ افراد در هر زمان و مکان قابل دسترس کرده است. روش‌های آموزش و تربیت سنتی که در آنها مربی موضوع را در کلاس درس توضیح می‌دهد و دانش‌آموزان تمرینات را در خانه انجام می‌دهند، با رویکردهای جدید یادگیری مانند یادگیری سیار[۱]، یادگیری شخصی‌سازی‌شده[۲]، یادگیری معکوس و تلفیقی[۳]، یادگیری اجتماعی-تعاملی[۴]، یادگیری مبتنی بر بازی[۵]، یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی[۶] و ... جایگزین شده‌اند (Lokare & Jadhav, 2024; Oberer, 2016; Erkollar & Oberer, 2016; Knight & Ezzaim et al., 2024; Wood, 2005). از این رو، اهمیت در نظر گرفتن نیازها و ویژگی‌های متنوع یادگیرندگان در محیط های یادگیری الکترونیکی به امری ضروری تبدیل شده است (برزگری و همکاران، ۱۴۰۳).

با اجرای سیستم‌های یادگیری برخط، ظهور روش‌های جدید یادگیری اجتناب‌ناپذیر شده است. یکی از روش‌های یادگیری نوین و نوظهور اجرای سیستم‌های آموزشی هوشمند بوده که در دوره‌های اخیر مورد توجه و استفادهٔ معلمان و دانش‌آموزان قرار گرفته (Richard et al., 2022Adair, 2023 ;) و ثابت شده است که بـه طـور مؤثر به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بتوانند روش‌های یادگیری خود را توسعه ببخشند و در عین حـال، راه‌حلـی جایگزین برای مشکلاتی است که دانش‌آموزان در شیوه‌های یادگیری سـنتی بـا آنهـا مواجـه هسـتند (Al-Aqbi, Ventura, 20172019 ;). سیستم‌های آموزشی هوشمند با حذف محدودیت‌های جغرافیایی، فرصت‌هـایی جدیـد برای آموزش و یادگیری فراهم کرده‌اند (ظفری و همکاران، ۱۴۰۰) و با ایجاد امکان تعامل مؤثر بین دانش‌آمـوزان و معلمان، شرایط نظارت شخصی بر پیشرفت یادگیری دانش‌آمـوزان را نیـز فـراهم کـرده‌انـد (Joaquim et al., 2022). همچنین، این سیستم‌ها با ارائهٔ محتوا و بازخورد متناسب با سطح توانایی و فعالیـت‌هـای دانـش‌آمـوزان، نیازها و کاستی‌های هر فرد یا گروه را شناسایی می‌کنند و تجربیات یادگیری شخصی‌سازی‌شده‌ای ارائه مـی‌دهنـد (Johnson et al., 2016).

فراتحلیل‌های انجام‌شده از مطالعات ارزیابی اثربخشی سیستم هـای آموزشـی (Kulik & Flatcher, 2016 ; Ma et al., 2014; Steenbergen-Hu & Cooper, 2014; Melchor et al., 2023) نشان مـی‌دهـد سیسـتم‌هـای هوشمند آموزشی نسبت به سایر حالات مقایسه‌ای آموزش، عملکرد بهتری دارند. این سیستم‌هـا اکنـون از طریـق ادغام پیشرفت‌های حوزهٔ هوش مصنوعی تقویت شده‌اند. از این رو، بسیاری از مطالعات اخیر نشـان‌دهنـدهٔ رشـد

[1] mobile learning
[2] personalized learning
[3] flipped and blended learning
[4] social-intractive learning
[5] game-based learning
[6] AI-based learning

تلاش و علاقهٔ جامعهٔ علمی به توسعهٔ ابزارهای سیستم هوشمند آموزشی برای کمک بـه معلمـان در فراینـدهای آموزش و یـادگیری هسـتند (Dermeval & Bittencourt, 2020; Holmes et al., 2022; Cristea et al., 2018 ; Marinho et al., 2019; Paiva & Bittencourt, 2020).

علاوه بر موارد مطرح‌شده، علاقه‌مندان همچنین بـه دنبـال اسـتفاده از سیسـتم‌هـای هوشـمند آموزشـی در سطوح مختلف آموزشی هسـتند (AbuEloun & Abu Naser, 2017King et al., 2021 ;). بـرای مثـال، مطالعـهٔ انجام‌شده توسط ون لن (VanLehn, 2011) نشان می‌دهد سیستم‌هـای تـدریس خصوصـی هوشـمند مـی‌تواننـد تأثیراتی مثبت بر فرایند یادگیری دانش‌آموزان داشته باشند و از نظر اثربخشی، به سـطح معلمـان انسـانی نزدیـک شوند. با این حال، این فناوری‌های آموزشی نوین هنوز به طور گسترده در مدارس، به ویژه در مـدارس دولتـی و در میان دانش‌آموزان با درآمد کم، به کار گرفته نشده‌اند. یکی از دلایل اصلی این موضوع کمبود منابع آموزشـی و نبود زیرساخت‌های مناسب فناوری در این مدارس است. این در حالی است که پژوهش‌های متعدد بر اثربخشـی این سیستم‌ها در زمینه‌ها و سطوح آموزشی مختلـف تأکیـد داشـته‌انـد (Steenbergen-Hu & Ma et al., 2014 ; Cooper, 2014; Vanlehn, 2011; Almusaed et al., 2023; Garg & Sharma, 2020; Chen et al., 2020; Rajendran et al., 2018).

رشد و گسترش سیستم‌های هوشمند به همراه تقاضای فزاینده برای آموزش در سال‌های اخیر باعث ایجاد زمینه‌ای جدید از پژوهش‌ها شده است که هوش مصنوعی و آموزش را ادغام می‌کند که منجر به گسترش ادبیـات موجود در کاربرد هوش مصنوعی در آموزش شده است. بنابراین، متخصصان فناوری‌های آموزشی تمایل دارند تا ببینند چه پیشرفت‌هایی در فناوری وجود دارد و چگونه می‌توان آن را با آموزش ترکیب کرد. اگر بخـواهیم یکـی از مهم‌ترین تغییرات دیجیتالی را که در حال حاضر برای آموزش پیش‌بینی شده اسـت نـام ببـریم، مـی‌تـوانیم بـه ابزارها و سیستم‌های جدید مبتنی بر هوش مصنوعی اشاره کنیم؛ زیرا این ابزارها و سیستم‌ها بـه‌نـوعی در تمـامی صنایع و مشاغل معرفی و استفاده شده‌اند (Ocana et al., 2019; Yang et al., 2021Wang et al., 2018 ;).

واقعیت آن است که عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان به طور کلی متفـاوت اسـت و توسـط توانمنـدی‌هـای یادگیری فردی و محیط محدود می‌شود. سیستم‌های آموزشی هوشمند[1] برای حل این مشکل طراحـی شـده‌انـد و مواد آموزشی سفارشی را بر اساس مهارت‌های شناختی، پایگـاه دانـش و عملکـرد دانـش‌آمـوز فـراهم مـی‌کننـد (Kulik & Flatcher, 2016). یک سیستم آموزش هوشمند تعاملات یک‌به‌یک با یک مربی حرفه‌ای را شبیه‌سازی می‌کند و به صورت مستقل، بدون نیاز به مداخلهٔ مربیـان انسـانی، بـه دانـش‌آمـوزان راهنمـایی و بـازخورد ارائـه می‌دهد. سیستم‌های آموزشی هوشمند به دلایل مختلف به یک منبع آموزشی محبوب تبدیل شده‌انـد. اول اینکـه، آنها منابع اضافی برای دانش‌آموزان و معلمان فراهم می‌کنند (Green, 2011). دوم، از طریق این سیستم‌ها، معلمان می‌توانند کمک‌های فردی ارائه دهند که به نیازهای تدریسی مختلف دانش‌آموزان پاسخ می‌دهند (Green, 2011 ; Marion & Oluwafunmilayo, 2011) و در نهایت، اسـتفاده از سیسـتم‌هـای هوشـمند ممکـن اسـت منجـر بـه

[1] Intelligent Tutoring Systems

عملکرد تحصیلی بهتر دانش‌آموزان شود (Chang, 2001). شخصی‌سازی مسیر آموزش در سیستم‌های هوشمند با به‌کارگیری ابزارها و روش‌های هوش مصنوعی، ابزارهای واقعیت افزوده و واقعیت مجازی و توسعهٔ محیط‌های یادگیری فکری ترکیبی آسان‌تر شده است. ایجاد محیط‌های ترکیبی شرایط را برای طراحی مؤثر مسیرهای آموزشی فردی دانش‌آموزان بسته به میزان توانایی و دانش و ویژگی‌های فردی و تحصیلی آنها ایجاد کرده است (Basalin & Timofeev, 2019).

افزایش تقاضا برای پشتیبانی شخصی و یادگیری تطبیقی نیاز به پژوهش دربارهٔ محیط‌های یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی در آموزش را تقویت کرده است (Lee & Yeo, 2022) و اعتماد به سیستم‌های هوش مصنوعی اهمیت بیشتری پیدا کرده است (Jacobson et al., 2017; Lazarides & Takami et al., 2023; Cheval'ere, 2021). در عصر جدید خودکارسازی (Andrejevic, 2019)، پیش‌بینی می‌شود یادگیری ماشینی و سایر فناوری‌های هوش مصنوعی[1] نقش تحولی در حوزهٔ آموزش ایفا کنند (Tuomi, 2019). با این حال، استفاده از هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های مشابه در آموزش، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، هنوز در مراحل اولیهٔ خود است (Muhie & Woldie, 2020).

با وجود افزایش روزافزون استفاده از اشکال مختلف هوش مصنوعی در تمام سطوح آموزشی (Holmes et al., 2019)، مطالعات تجربی کمی وجود دارند که توصیف کنند چگونه فناوری‌های یادگیری ماشینی توسعه‌یافته برای خودکارسازی آموزش در مدارس اجرا می‌شوند (Castaneda & Williamson, 2021) و در رابطه با برخی از دروس مانند آموزش ریاضی که از اهمیت بیشتری برخوردار هستند، این موضوع بسیار برجسته‌تر است. ما در جامعهٔ در حال دیجیتالی شدن، خودکارسازی، علم داده و هوش مصنوعی غوطه‌ور هستیم. تعامل این منظره با ریاضیات دوگانه است. از یک طرف، ریاضیات پشتیبان کل این پانورامای فناوری است و از سوی دیگر، رایانه‌های شخصی ابزارهای دیجیتالی را ارائه می‌دهند که محاسبات باورنکردنی را انجام می‌دهند (از جمله بسیاری از وظایف مورد نیاز در برنامهٔ درسی ریاضی فعلی) یا ترسیم نمودارهای پویا را تسهیل می‌کنند که به تجسم اشیا در ریاضی کمک می‌کند. با این حال، به نظر می‌رسد چشم‌انداز فعلی آموزش ریاضی به آنچه واقعیت جدید می‌طلبد، پاسخ نمی‌دهد یا از آن دور مانده است؛ زیرا هیچ کدام از برنامه‌های درسی ریاضی مدارس هنوز بر این فرض بدیهی (وجود رایانه‌ها) بنا نشده‌اند (Richard et al., 2022). این غیبت نامنسجم شاید یکی از دلایل اصلی بحث گستردهٔ کنونی در جامعهٔ آموزشی دربارهٔ چگونگی و چرایی تدریس و یادگیری ریاضیات در تمام سطوح آموزشی باشد. دیجیتالی‌شدن آموزش ابزارهایی جدید را برای آموزش ریاضی به ارمغان آورده است که نیازمند برنامهٔ درسی جدید، طراحی جدید وظایف و تعامل با سایر رشته‌هاست.

ریاضیات برای بسیاری از دانش‌آموزان یک کابوس است. به‌ناچار بسیاری از دانش‌آموزان هنگام مطالعهٔ ریاضی، به هوش، خلاقیت، استعداد و انگیزهٔ خود شک می‌کنند (Gunel & Asliyan, 2009) و این در حالی

[1] Artificial intelligence

است که ریاضیات به عنوان جزء ضروری علم در نظر گرفته می‌شود؛ زیرا روش‌های تجزیه‌وتحلیل ریاضی نقش حیاتی در رشته‌های مختلف از جمله مهندسی، اقتصاد، علوم پزشکی و آمار ایفا می‌کنند. با وجود این اهمیت، یادگیری ریاضیات معمولاً دشوار تلقی می‌شود (Acharya, 2017). امروزه، نقش سیستم‌های هوشمند یادگیری برای یادگیری ریاضیات در بسیاری از مطالعات مورد توجه قرار گرفته و استفاده از این سیستم‌ها برای کمک به دانش‌آموزان در یادگیری ریاضی به یک موضوع مهم پژوهشی تبدیل شده است (AbuEloun Mokmin, 2020 ; & Naser, 2017; Paiva et al., 2017; Hsieh & Chen, 2019). بیش از سه دهه پژوهش پتانسیل محیط‌های دیجیتال را به عنوان ابزاری مطلوب برای یادگیری و آموزش ریاضیات نشان داده است (Rojano & Garcia-Campos, 2017).

شواهد از چندین مطالعهٔ تجربی نشان می‌دهد سیستم‌های آموزشی هوشمند می‌توانند به طور موفقیت‌آمیز مدل‌های آموزشی دیگر را در بسیاری از موقعیت‌ها تکمیل و جایگزین کنند (Du Boulay, 2016). برای مثال، پای و همکاران (Pai et al., 2021) یک سیستم هوشمند آموزشی مبتنی بر گفت‌وگو برای یادگیری ضرب و تقسیم ایجاد و اثربخشی آن را بر یادگیری دانش‌آموزان ابتدایی بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد دانش‌آموزانی که ریاضی را با کمک سیستم هوشمند آموزشی خوانده بودند، عملکردی بهتر نسبت به دانش‌آموزانی که ریاضی را فقط با خواندن مواد آموزشی آموخته بودند، داشتند. راجندران و همکاران (Rajendran et al., 2018) یک سیستم هوشمند آموزشی برای ریاضی ایجاد کردند که پیام‌های انگیزشی را بر اساس ناامیدی دانش‌آموزان ارائه می‌داد. نتایج مطالعهٔ آنان نشان داد دانش‌آموزانی که از سیستم هوشمند آموزشی استفاده کرده بودند، سطوحی پایین‌تر از ناامیدی را تجربه کرده بودند. ون لن (VanLehn, 2011) در یک بررسی گسترده شامل ۲٤۸ مطالعه، اثربخشی تدریس خصوصی انسانی، تدریس خصوصی کامپیوتر و عدم تدریس خصوصی را مقایسه کرده است. این نویسنده به این نتیجه رسیده است که اثربخشی این محیط‌های یادگیری به حدی رسیده است که اگر چه نباید از یک سیستم هوشمند برای جایگزینی کل تجربهٔ کلاس درس استفاده شود، می‌تواند گزینه‌ای در مقیاس تدریس خصوصی فردی با یک معلم انسانی برای دروس مختلف باشد. این نویسنده از بررسی مطالعات استنباط کرد اگرچه تدریس خصوصی یک‌به‌یک توسط انسان مؤثرترین رویکرد است که بسیار فراتر از آموزش گروه‌های بزرگ است، با توجه به نسبت هزینه به فایده، سیستم‌های هوشمند می‌توانند به همان اندازه، گزینه‌ای رقابتی و مناسب باشند.

نکتهٔ مهمی که باید به آن توجه داشت این است که توسعهٔ برنامه‌های کاربردی در حوزهٔ آموزش ریاضیات کمیاب است و بیشتر مطالعات بر پتانسیل ابزارهای همه‌منظوره یا فناوری‌های آموزشی تمرکز کرده‌اند که بر ریاضیات متمرکز نیستند. به ویژه توجه به توسعهٔ سیستم‌های هوشمند آموزشی قادر به تقلید از معلمان انسانی که بخشی از دغدغه‌های جامعهٔ پژوهشی آموزش ریاضی از دههٔ ۱۹۸۰ بوده، تداوم نداشته است (Del Olmo-Munoz et al., 2023). این در حالی است که آموزش ریاضی معاصر بر اهمیت فراهم‌کردن فرصت‌هایی برای دانش‌آموزان برای تسلط بر درک مفهومی و پرورش تفکر ریاضی تأکید دارد و با توجه به دستورالعمل‌های

ارائه‌شده توسط شورای ملی معلمـان ریاضـی (Nussbaum et al., 2001)، بـا آمـوزش ریاضـی، انتظـار مـی‌رود کودکان قادر به کشف، توجیه، بازنمایی، حل، ساختن، بحث، استفاده، پژوهش، توصیف و توسعه باشند و روابـط را با استفاده از مفاهیم بیان شده پیش‌بینی کنند و یکی از راه‌های دست‌یابی به این هدف اسـتفاده از فنـاوری‌هـای یادگیری است (Lehtinen et al., 2017).

با گسترش شبکه‌های دیجیتال و پیشـرفت‌هـای یـادگیری، فـارغ از زمـان و مکـان، نحـوهٔ کسـب آگـاهی دانش‌آموزان امروز نیز در حال تغییر است. محیط‌های یادگیری هوشمند بیشترین میزان توجـه را در مطالعـات بـه خود جلب کرده‌اند و از زمان پذیرش تکنیک‌های هوش مصنوعی برای اهداف آموزشی، مربیان تلاش کرده‌اند تـا دانش‌آموزان نسل دیجیتال را که ویژگی‌های خاصی در درک و پردازش اطلاعات دارند، با رویکردهای یـادگیری هوشمندتری مجهز کنند (Terzieva et al., 2021). با این حال، پرسش‌های مربوط به اینکه یک سیستم آموزشـی هوشمند[1] چیست و از چه مؤلفه‌هایی برخوردار است و سکوهای ارائه‌دهندهٔ این آمـوزش‌هـا کـدام‌انـد، همچنـان بی‌پاسخ مانده‌اند. بنابراین این مطالعه در پی آن است تا با انجام یک تحلیل مـنظم، نسـبت بـه تعیـین مؤلفـه‌هـا و سکوهای ارائه‌دهندهٔ آموزشی ریاضی مبتنی بر هوش مصنوعی اقدام کند.

با تمرکز بر کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش ریاضی، این مطالعه سعی دارد به پرسش‌های زیر پاسخ دهد:

۱- مؤلفه‌های هوش مصنوعی در ایجاد سیستم‌های هوشمند آموزشی برای آموزش ریاضی کدام‌اند؟

۲- کدام یک از سکوهای هوش مصنوعی آموزش ریاضی بیشترین میزان توجـه از سـوی پژوهشـگران را داشـته است؟

در مجموع، این سنتزپژوهی قصد دارد اطلاعاتی جدید دربارهٔ کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش اضافه کند و دانش ما را دربارهٔ فناوری‌های یادگیری پیشرفته افزایش دهد.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش، برای گزینش و تحلیل منابع از روش سنتزپژوهی بر مبنای مراحـل هفـت‌گانـهٔ کـوپر (Cooper, 2015) بهره گرفته شد. پژوهشگران به صورت نظام‌مند بـا اسـتفاده از روش مقایسـه‌ای ثابـت بوئیجـه (Boeije, 2002) که در آن تکرار هر کد در تمامی اسناد ارزیابی می‌شود، داده‌هـا را انتخـاب، مقایسـه، ترکیـب و تفسـیر و مقاله‌های منتخب را بررسی کرده‌اند. سنتزپژوهی نوعی خـاص از مـرور پـژوهش اسـت کـه نـه فقـط توصـیفی، آموزنده و ارزیاب است، بلکه ارتباطی نیز هست (Mays et al., 2005). سنتز به معنای آفرینش یک کل است کـه فراتر از معنایی است که اجزای منفرد آن به‌تنهایی نشان می‌دهند (Noblit & Hare, 1998). هدف از سـنتزپژوهی تولید دانش جدید با ارتباطات و تنش‌های واضح بین گزارش‌های مطالعـهٔ فـردی اسـت کـه قـبلاً قابـل مشـاهده

[1] Intelligent Educational System

نبودند. این کار شامل انتخاب هدفمند، بررسی، تجزیه‌وتحلیل و ترکیب گزارش‌های پژوهش‌های اولیه در یک موضوع مشابه است. در یک سنتز دقیق، اطلاعات کافی دربارهٔ فرایند سنتز به خوانندگان ارائه می‌شود تا بتوانند تصمیماتی آگاهانه دربارهٔ میزان انطباق یافته‌های سنتزشده با زمینهٔ خود بگیرند (Suri, 2011).

برای انجام سنتزپژوهی از سنتزپژوهی هفت‌مرحله‌ای پیشنهادی کوپر (Cooper, 2015) استفاده شد. این مراحل شامل وظایفی هستند که باید انجام شوند تا سنتزکننده‌ها بتوانند توصیفی بی‌طرفانه از تفسیر شواهد تجمیعی دربارهٔ یک مسئله یا فرضیهٔ پژوهشی ارائه دهند (Cooper, 2015).

گام‌های انجام سنتز به پیشنهاد کوپر (Cooper, 2015) شامل مراحل و پرسش‌های زیر هستند که باید به ترتیب طی شوند و به پرسش‌های هر مرحله پاسخ داده شود:

گام اول: تعریف مسئله

اولین قدم در هر تلاش پژوهشی تعریف مسئله است. در فرایند تعریف مسئله، متغیرهای درگیر در پژوهش هم تعریف انتزاعی و هم تعریف عملیاتی می‌شوند. در این مرحله، پژوهشگر از خود می‌پرسد: «مفاهیم یا مداخلاتی که می‌خواهم مطالعه کنم کدام‌اند؟» و چه عملیاتی برای اندازه‌گیری این مفاهیم و نتایج لازم است که مورد علاقهٔ پژوهشگر است؟ در چارچوب سنتزپژوهی حاضر با عنوان «سیستم‌های هوشمند آموزشی در آموزش و یادگیری ریاضی (مؤلفه‌ها و سکوها)»، صورت‌بندی مسئله بر شناسایی مؤلفه‌های اصلی، کارکردها و بسترهای فناورانه‌ای تمرکز دارد که در سیستم‌های هوشمند آموزشی (IES) به کار گرفته می‌شوند. هدف اصلی درک چگونگی نقش‌آفرینی این سیستم‌ها در بهبود آموزش و یادگیری ریاضی است.

گام دوم: جمع‌آوری شواهد پژوهشی

در ابتدای این مرحله، به اعتقاد کوپر (Cooper, 2015)، پژوهشگر با دو موضوع اساسی مواجه است:

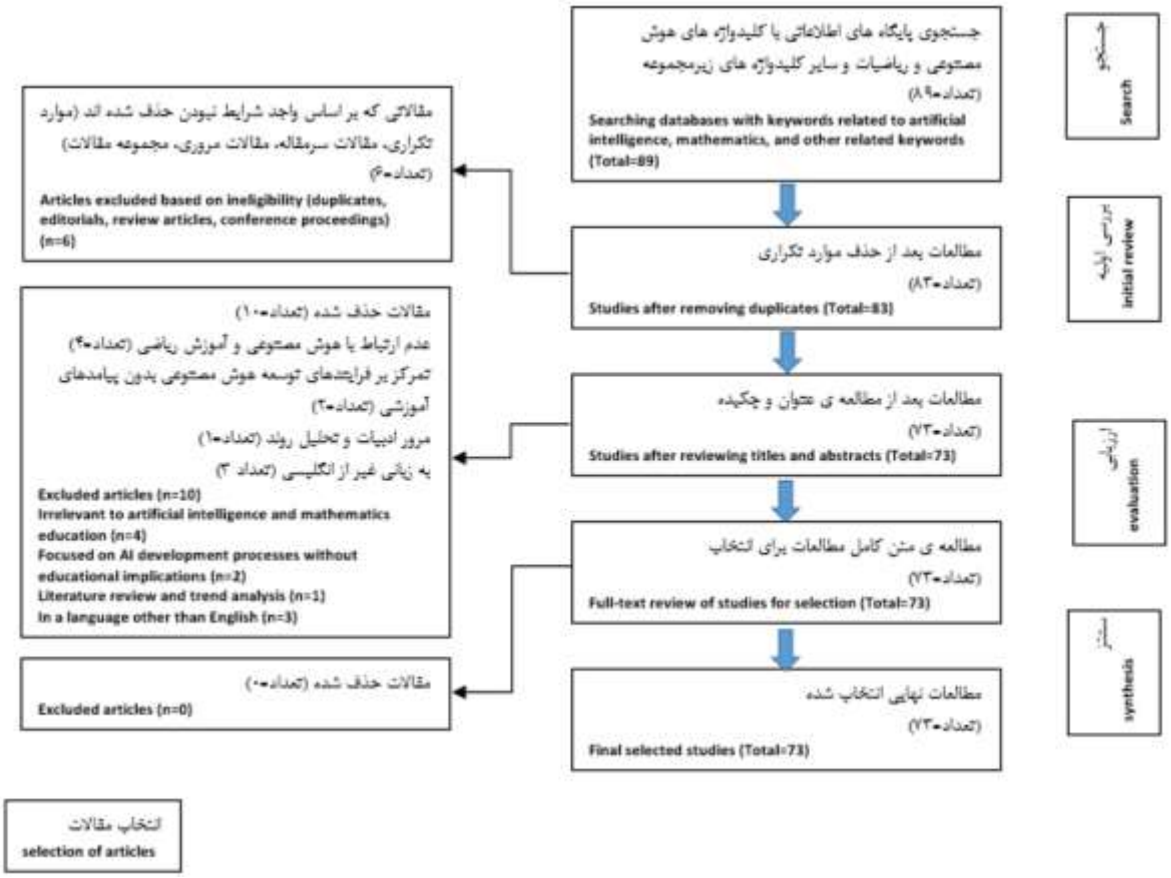
۱) شناسایی مکان‌هایی برای یافتن پژوهش‌های مرتبط (مانند پایگاه‌های اطلاعاتی مرجع، مجلات)

۲) شناسایی عبارت‌های استفاده‌شده برای جست‌وجوی پژوهش‌های مرتبط در پایگاه‌های اطلاعاتی مرجع

در تاریخ ۱۱ ژوئن ۲۰۲٤ مصادف با ۲۱ دی‌ماه ۱٤۰۲، مقاله‌های نشریه‌های موجود در پایگاه داده (Web of Science) در دستهٔ آموزش و پژوهش‌های آموزشی با استفاده از دو رشته کلیدواژهٔ هوش مصنوعی و کلیدواژه‌های مرتبط (artificial intelligence" or "machine intelligence" or "intelligent support" or "intelligent virtual reality" or "chat bot*" or "machine learning" or "automated tutor*" or "personal tutor*" or "intelligent agent*" or "expert system*" or "neural network*" or "natural language processing" or "chatbot*" or "intelligent system" or "intelligent tutor*") و ریاضی و آموزش ریاضی ("mathematics" or "math education") بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲٤ جست‌وجو شدند.

گام سوم: جمع‌آوری اطلاعات از مطالعات انتخابی

در این مطالعه، به پیروی از وو و همکاران (Wu et al., 2013)، در دو مرحله شناسایی و انتخاب مقاله‌ها صورت گرفت. در مرحلۀ اول، یک مقاله زمانی که دارای معیارهای مدنظر بود به مجموعۀ بالقوه برای تحلیل اضافه شد. از این رو، در این مرحله، مقاله‌هایی که بر فرایندهای توسعۀ هوش مصنوعی بدون پیامدهای آموزشی متمرکز بودند یا فقط هوش مصنوعی را به عنوان یک موضوع یادگیری بدون استفاده از هوش مصنوعی اتخاذ کرده بودند، از این بررسی حذف شدند. شکل (۱) این مراحل را نشان می‌دهد.



شکل ۱: فرایند انتخاب مقالات انگلیسی برای سنتزپژوهی

Figure 1: Process of Selecting English Articles for Research Synthesis

گام چهارم: ارزیابی کیفیت مطالعات

در این مرحله از سنتزپژوهی، پژوهشگر کیفیت و تناسب مطالعات اولیه با پرسش پژوهش را ارزیابی انتقادی می‌کند. هدف این مرحله تشخیص میزان اعتبار و ارتباط هر منبع با مسئلۀ پژوهش است. اطلاعات و شواهد گردآوری‌شده بررسی می‌شوند تا مشخص شود آیا نتایج آنها می‌توانند به‌درستی در خدمت پاسخ‌گویی به پرسش پژوهش قرار گیرند یا آنکه به دلایل روش‌شناختی، محتوایی یا مفهومی، دچار سوگیری و انحراف هستند.

در فرایند بررسی اولیه، تعداد ۸۹ سند مرتبط با کلیدواژه‌های جست‌وجو استخراج شدند. پس از پالایش محتوایی، ارزیابی کیفی و بررسی انطباق با معیارهای ورود به مطالعه، در نهایت ۷۳ منبع انگلیسی‌زبان برای ورود به مرحلهٔ سنتز نهایی انتخاب شدند. این مقاله‌ها به لحاظ نوع منبع و زمان انتشار به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۱. توزیع منابع بر اساس نوع سند:

- مقاله‌های مجلات علمی پژوهشی (Journal Articles): ٦٩ مورد
- مطالعات مرور نظام‌مند یا فراتحلیل (Systematic Reviews / Meta-analyses): ٤ مورد

۲. توزیع زمانی مقاله‌های انتخاب‌شده:

- ۲۰۲۳ تا ۲۰۲٤: ۱۲ مقاله
- ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲: ۳۱ مقاله
- ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹: ۲۳ مقاله
- قبل از ۲۰۱۵: ۷ مقاله

در نهایت، ۷۳ سند باقی‌مانده، از منظر کیفیت روش‌شناختی، محتوای علمی، ارتباط با هدف سنتز و نوع داده‌ها، قابل اتکا تشخیص داده شده و وارد مرحلهٔ استخراج داده و تحلیل نهایی شدند.

.

گام پنجم: تجزیه‌وتحلیل و یکپارچه‌سازی نتایج مطالعات

در این مرحله، پژوهشگر باید از خود سؤال کند از چه رویه‌هایی باید برای خلاصه‌سازی و ترکیب نتایج پژوهش استفاده کند. کوپر (Cooper, 2015) معتقد است تجزیه‌وتحلیل داده‌ها شامل کاهش داده‌های جداگانهٔ جمع‌آوری‌شده توسط پژوهشگر به یک بیانیهٔ واحد دربارهٔ مشکل پژوهش است. این کار شامل مرتب‌سازی، طبقه‌بندی و خلاصه‌کردن داده‌ها و همچنین انجام تست‌های استنباط است که سعی می‌کند نمونه‌های داده را با جمعیت‌هایی که از آنها به وجود می‌آیند مرتبط کند.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این مطالعه به شیوهٔ تحلیل خط‌به‌خط انجام شد. به این منظور، تمام مطالعاتی که در مرحلهٔ قبل دارای کیفیت لازم برای تحلیل تشخیص داده شده‌اند به صورت مطالعهٔ خط‌به‌خط تحلیل شدند و نکات اساسی آنها استخراج شد. در این راستا، از روش تحلیل مضمون به عنوان روش اصلی تحلیل کیفی استفاده شد و در فرایند آن، برای استخراج دقیق‌تر مفاهیم و دسته‌بندی آنها، از تکنیک‌های کدگذاری در دو سطح باز و محوری استفاده شد.

گام ششم: تفسیر شواهد

کوپر (Cooper, 2015) معتقد است تفسیر صحیح نتایج سنتزپژوهی مستلزم آن است که (الف) ادعاهایی را که می‌خواهید مطرح کنید بر اساس شواهد باشند، (ب) مشخص کنید چه نتایجی هر ادعا را تضمین می‌کند، و (پ)

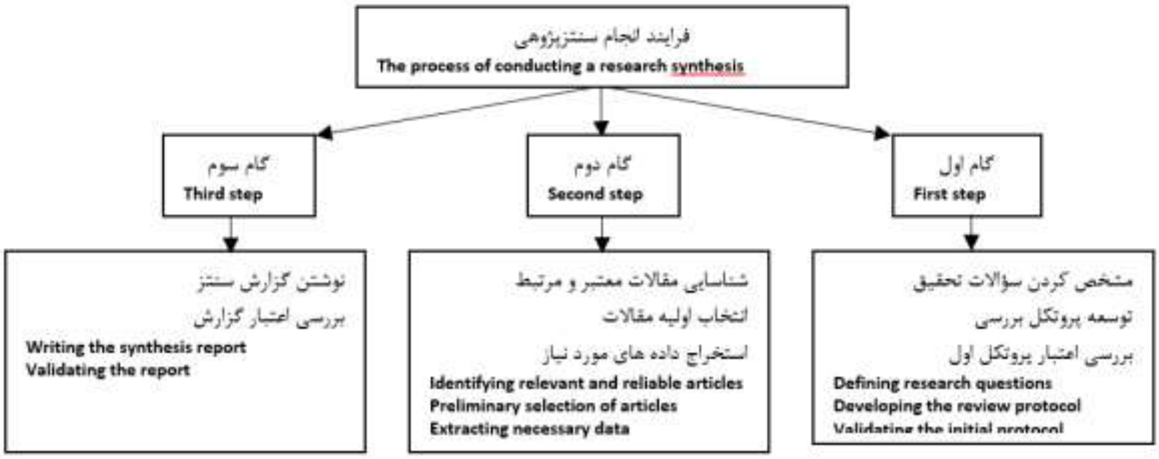
هر گونه شرایط مناسب برای ادعاها را به‌صراحت بیان کنید. در این مرحله، پژوهشگر در پی جمع‌بندی شواهد تجمعی پژوهش با توجه به قطعیت، تعمیم‌پذیری و محدودیت‌های آن است. از این رو، در این مرحله، با استفاده از جمع‌بندی و ادغام یافته‌های حاصل از فرایند سنتز، به پرسش‌های پژوهش پاسخ داده شد.

گام هفتم: ارائۀ نتایج

این مرحله از جملۀ مهم‌ترین مراحل سنتزپژوهی است؛ زیرا تبدیل یادداشت‌ها، پرینت‌ها و فرم‌های کدگذاری‌شده به یک سند عمومی منسجم که سنتزپژوهی پژوهشگر را توصیف می‌کند، کاری است که پیامدهایی عمیق برای انباشت دانش دارد.

از آنجا که نتایج این مطالعه نتایج یک سنتزپژوهی را توصیف می‌کند که در آن از تکنیک‌های فراتحلیلی استفاده شده است، تلاش شد تا در ارائۀ نتایج از شیوۀ استاندارد گزارش‌های فراتحلیلی کوپر (Cooper, 2015) استفاده شود.

شکل (۲) نشان‌دهندۀ خلاصۀ مراحل هفت‌گانۀ سنتزپژوهی پیشنهادی کوپر (Cooper, 2015) در سه گام است که مبنای مراحل برنامه‌ریزی و نقشه‌برداری است که باید در پروتکل مطالعۀ ما تعریف شود.



شکل ۲: فرایند انجام سنتزپژوهی

Figure 2: The Process of Conducting a Research Synthesis

یافته‌ها

در این مطالعه، پس از انجام فرایند سنتز و جمع‌آوری داده‌های مرتبط، در مجموع، ۳۸٦ کد باز از متون منتخب استخراج شدند. با اعمال فرایند حذف و ادغام کدهای تکراری، تعداد ۱۵۵ کد نهایی به دست آمد. این کدها پس از دسته‌بندی و جداسازی، به ٤۷ کد و ۲۳ سکو کاهش یافتند که برای پاسخ‌دهی به پرسش‌های پژوهش از آنها استفاده شد. در این راستا، دو پرسش اصلی پژوهش مطرح شدند که در ادامه، بر اساس یافته‌های حاصل، به این

پرسش‌ها پاسخ داده خواهد شد. مؤلفه‌های هوش مصنوعی که پتانسیل زیادی برای بهبود آموزش ریاضی دارند، در جدول (۱) فهرست شده‌اند (این مؤلفه‌ها از میان ۱۵۵ کد اساسی نهایی‌شده دارای بیشترین فراوانی بوده‌اند). انتخاب این مؤلفه‌ها بر اساس مدل تحلیل کیفی جهت‌دار[1] و تجربهٔ نویسندگان در بررسی ادبیات موجود انجام شده است؛ مدلی که در آن تحلیل داده‌ها با استفاده از چارچوب نظری مشخص و مفاهیم پیش‌ساخته صورت می‌گیرد و امکان شناسایی کدهای جدید نیز در فرایند تحلیل فراهم می‌شود. این روش به پژوهشگر کمک می‌کند تا هم بر اساس مبانی نظری موجود داده‌ها را ساختاربندی کند و هم با بازبینی دقیق، الگوها و مفاهیم نوظهور را کشف کند. بر همین اساس، مهم‌ترین و معتبرترین سازه‌ها و مقیاس‌ها از میان داده‌های استخراج‌شده شناسایی و به عنوان نماینده‌های سازه‌های مرتبط در تحلیل اولیهٔ داده‌ها انتخاب شدند. ویژگی‌های نظری و عملیاتی جالب توجه این مؤلفه‌ها مورد تأکید قرار گرفتند تا از منظر نظری و کاربردی بودن، نتایج تحلیل به شکلی مناسب ارائه شود. همچنین، فهرستی از مطرح‌ترین سکوهای آموزش ریاضی در سطح جهان که دارای بیشترین میزان توجه در مطالعات کاربردی بوده‌اند، بر اساس شیوهٔ تعامل آنها با دانش‌آموزان در جدول (۲) لیست شده‌اند.

پرسش ۱: مؤلفه‌های هوش مصنوعی در ایجاد سیستم‌های هوشمند آموزشی برای آموزش ریاضی کدام‌اند؟

جدول ۱: مؤلفه‌های هوش مصنوعی در ایجاد سیستم‌های هوشمند آموزشی

Table 1: Components of Artificial Intelligence in Developing Intelligent Educational Systems

<table>
<tr><th>ردیف
Row</th><th>منابع پشتیبان
Supporting References</th><th>مفاهیم
Concepts</th><th>مؤلفهٔ اصلی
Main Component</th></tr>
<tr><td rowspan="4">۱</td><td>Shin et al. (2023); Erumit & Cetin (2020)</td><td>گروه‌بندی دانش‌آموزان در سه گروه با نیاز شدید، با نیاز متوسط و بدون نیاز شدید
Grouping students into three categories: high need, moderate need, and no significant need</td><td rowspan="4">شخصی‌سازی و گروه‌بندی دانش‌آموزان
Personalization and Grouping of Students</td></tr>
<tr><td>Shin et al. (2023); Erumit & Cetin (2020); Immekus et al. (2022)</td><td>دسته‌بندی مناسب گروه‌ها برای تسهیل حمایت و هدایت تصمیم‌گیری
Appropriate classification of groups to facilitate support and guide decision-making</td></tr>
<tr><td>Yoo & Kim (2023); Lezhnina & Kismihók (2022)</td><td>ایجاد پروفایل و مکانیسم‌های لازم برای شناخت و احراز هویت دانش‌آموزان
Creating profiles and necessary mechanisms for student identification and verification</td></tr>
<tr><td>Yoo & Kim (2023); King et al. (2021)</td><td>ارائهٔ محتوا در ساختار سلسله‌مراتبی
Presenting content in a hierarchical structure</td></tr>
<tr><td>۲</td><td>Yoo & Kim (2023); Bahadir (2016); Nabiyev et al. (2016); Sperling et al. (2022); Paiva et al. (2017)</td><td>ایجاد ماژول‌های دانش‌آموز، حوزه و دامنهٔ موضوعی مطالب، ارزشیابی، ارتباط با متخصص و کنترل و تنظیمات برنامه
Creating modules for students, subject areas and content domains, evaluation, expert communication, and program control and settings</td><td>طراحی و ویژگی‌های سیستم‌های هوشمند</td></tr>
</table>

[1] Directed Qualitative Content Analysis

آموزشی Design and Features of Intelligent Educational Systems	خودکارسازی برنامه‌های آموزشی Automation of educational programs	Rojano & García-Camposz (2017); Nabiyev et al. (2016)	
	استفاده از راهبردها و رویکردهای نوین آموزشی برای آموزش Using modern educational strategies and approaches for teaching	Erumit & Cetin (2020); Shih et al. (2023)	
	ایجاد محیط کاربرمحور Creating a user-centered environment	Rosé et al. (2019); Nussbaum et al. (2001)	
	استفاده از فرانظریه برای حل مسئله Using metatheory for problem-solving	Guo & Barmaki (2020); Duzhin & Gustafsson (2018)	
	مدل‌سازی رفتار دانش‌آموزان برای موفقیت و تکمیل دوره‌ها Modeling student behavior for success and course completion	Sperling et al. (2022); VanLehn et al. (2016); Le & Jia (2022); Toprak & Gelbal (2020); Shin (2022); Paiva et al. (2017); Wulff et al. (2022); Chevalere et al. (2023)	
ارزیابی و ترمیم Evaluation and Restoration	اهمیت ارزیابی سیستم‌های هوشمند آموزشی در هنگام طراحی و توسعه The importance of evaluating intelligent educational systems during design and development	Nabiyev et al. (2016)	٣
	تعیین تکلیف برای دانش‌آموزان Assigning tasks to students	Bu & Chen (2023); Jehan & Akram (2023)	
	شناسایی اشکالات و اشتباهات دانش‌آموزان و مداخله برای اصلاح اشتباهات Identifying student errors and mistakes, and intervening to correct them	Erumit & Cetin (2020); Joaquim et al. (2022)	
	انجام آزمون‌های مکرر Conducting frequent tests	Bu & Chen (2023); El Mamoun et al. (2018)	
	آموزش ترمیمی Remedial education	Druzhinina et al. (2021)	
	ارائۀ ماژول توضیح برای کمک به دانش‌آموزان دارای مشکل Providing an explanation module to assist students with difficulties	Gurcan et al. (2023); Bahadir (2016); Nabiyev et al. (2016); Sperling et al. (2022); Yoo & Kim (2023); Paiva et al. (2017)	
	ارزیابی سیستم‌های هوشمند از طریق پرسش‌های باز پاسخ در آزمون‌های الکترونیکی Evaluation of Intelligent Systems through Open-ended Questions in Electronic Assessments	Wang et al. (2023)	
	پیش‌بینی خدمات پشتیبانی بر اساس داده‌های اولیه برای دانش‌آموزان Predicting support services based on initial data for students	Lee & Yeo (2022); Wang et al. (2015)	
انگیزش و تعامل با دانش‌آموزان Motivation and engagement with students	اهمیت انگیزه، دانش قبلی ریاضی و توانایی فراشناختی دانش‌آموزان در سیستم‌های هوشمند یادگیری The importance of motivation, prior math knowledge, and students' metacognitive abilities in intelligent learning systems	Aleven et al. (2009); Le & Jia (2002); Joaquim et al. (2022); Zhou (2023)	٤
	ایجاد فرصت‌های آموزشی برابر برای همۀ دانش‌آموزان Creating Equal Educational Opportunities for All Students	Joaquim et al. (2022); Suk et al. (2021)	

	اهمیت درگیرکردن دانش‌آموزان، معلمان و دانشجویان در طراحی و توسعهٔ سیستم‌های هوشمند The importance of involving students, teachers, and learners in the design and development of intelligent systems	Nabiyev et al. (2016); Musso et al. (2020); Nygren et al. (2019); Richard et al. (2011)	
	آموزش به شکل مشارکتی و دانش‌آموزمحور Collaborative and student-centered learning	De Olmo-Muñoz et al. (2022); Rosé et al. (2019); Erumit & Cetin (2020); Shih et al. (2023); Sperling et al. (2009); Toprak & Gelbal (2020); Suk et al. (2021); Takami et al. (2023); Rojano & García-Camposz (2017)	
	تعیین نقش هر فراگیر Defining the role of each learner	Gurcan et al. (2023); Gabriel et al. (2018)	
	فیلم آموزشی نحوهٔ استفاده از سیستم‌های هوشمند در سامانه Tutorial video on how to use intelligent systems in the platform	Dai et al. (2023); Haridas et al. (2020); Feng et al. (2009)	
	ارائهٔ نمونه‌ها و مثال‌های مرتبط و مؤثر در سیستم‌های هوشمند Providing relevant and effective examples in intelligent systems	Wulff et al. (2022); Nygren et al. (2019)	
پشتیبانی آنلاین و آفلاین Online and offline support	پشتیبانی آنلاین یا آفلاین از دانش‌آموزان Online or offline support for students	Joaquim et al. (2022); Beal & Galan (2015); Beal et al. (2010)	۵
	رابط کاربری برای ارتباط با دانش‌آموز User interface for interacting with students	Nabiyev et al. (2016); Tsidylo & Sendra (2023); Haraty & Sharif (2008)	
	امکان پرسش و پاسخ و گفت‌وگوهای آموزشی The possibility of Q&A and educational discussions	Xu et al. (2012); Richard et al. (2011); Bednorz & Kleine (2023); Cronin et al (2019)	
	در دسترس بودن منابع در سیستم‌های هوشمند Availability of resources in intelligent systems	Xu et al. (2012); Beal et al. (2010); Jugo et al. (2016)	
محتوا و روش‌های آموزشی Content and teaching methods	ارائهٔ مطالب مبتنی بر وب Presenting web-based content	Yoo & Kim (2023); Xu et al. (2012)	٦
	عدم ارائهٔ پاسخ فوری Non-instant response provision	Guo & Barmaki (2020); Yoo & Kim (2023)	
	ها)دهنده‌سازمان‌ارائهٔ پیش‌نیازهای آموزشی (پیش Providing educational prerequisites (advance organizers)	Gurcan et al. (2023); Chien et al. (2008)	
	اهمیت استفاده از وضعیت چندرسانه‌ای در سیستم‌های هوشمند بر یادگیری دانش‌آموزان The importance of using multimedia in intelligent systems for students' learning	VanLehn et al. (2016); Aleven et al. (2009); Xu et al. (2012)	
	اهمیت عناصر بصری، شبیه‌سازی‌ها، واقعیت افزوده، بازی در یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی The importance of visual elements, simulations, augmented reality, and games in AI-based learning	De Olmo-Muñoz et al. (2022); Nussbaum et al. (2001); Graff et al. (2008); Pai et al. (2021); Suk, Kim & Kang (2021); Urrutia & Araya (2010); García-Martínez et al. (2023); Dermeval et al. (2017);	

کنترل پیشرفت و تسلط Progress monitoring and mastery	امتیاز، رتبه‌بندی، نوار پیشرفت، سطوح اختصاصی، جایزه و آواتارهای مختلف score, ranking, progress bar, personalized levels, rewards, and various avatars	McIntyre (2023); Rau et al. (2015)	۷
	تعیین سطح فعلی دانش‌آموز و دانشی که باید آموزش داده شود Determining the current level of the student and the knowledge to be taught	Joaquim et al. (2022); Tsidylo & Sendra (2023); Beal et al. (2010)	
	ایجاد یک معیار تسلط برای ورود به مراحل بعد Creating a mastery criterion for progression to the next stages	El Mamoun et al. (2018)	
مشارکت انسان و هوش مصنوعی Human and AI collaboration	لزوم حضور معلمان انسانی در کنار سیستم‌های هوشمند آموزشی The necessity of having human teachers alongside intelligent educational system	Musso et al. (2020); Ye & Yuan (2022)	۸
	اهمیت برخورداری سیستم‌های هوشمند آموزشی از ویژگی‌های معلم واقعی The importance of intelligent educational systems having features of a real teacher	Sperling et al. (2022); Virvou & Tsiriga (2001)	
	رباتیک، مکالمهٔ هوشمند، سکوهای آنلاین خودآموزی Robotics, intelligent conversation, self-learning online platforms	Suk et al. (2021); Urrutia & Araya (2024)	
	توانایی حل مسائل مختلف به وسیلهٔ هوش مصنوعی با ایجاد سیستم‌های متمرکز The ability to solve various problems using AI by creating centralized systems	Günel & Asliyan (2009); Park (2023)	

مؤلفه‌های اصلی مانند شخصی‌سازی، گروه‌بندی دانش‌آموزان، طراحی سیستم‌های هوشمند، ارزیابی و ترمیم، انگیزش و تعامل، پشتیبانی آنلاین و آفلاین، محتوا و روش‌های آموزشی، کنترل پیشرفت و تسلط و مشارکت انسان و هوش مصنوعی، هر کدام جنبه‌ای از هوش مصنوعی در آموزش را پوشش می‌دهند. این مؤلفه‌ها به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشینی، تحلیل داده‌ها و فناوری‌های پیشرفته مانند پردازش زبان طبیعی و یادگیری تقویتی، بهینه می‌شوند. مفاهیم مرتبط با این مؤلفه‌ها به هوش مصنوعی وابسته هستند؛ زیرا عملکرد دقیق آنها به تحلیل داده‌ها، مدل‌های پیش‌بینی و توانایی شخصی‌سازی سیستم بستگی دارد. در عین حال، موفقیت هوش مصنوعی نیز به نحوهٔ طراحی این مؤلفه‌ها و کیفیت اطلاعات ورودی وابسته است. برای مثال، در شخصی‌سازی، هوش مصنوعی، نیازها و توانایی‌های فردی دانش‌آموزان را شناسایی می‌کند و تجربهٔ یادگیری منحصربه‌فردی ارائه می‌دهد. در بخش ارزیابی، خطاها و پیشرفت‌ها را بررسی می‌کند و بازخوردهای مناسب ارائه می‌دهد. ارتباط میان این مؤلفه‌ها و هوش مصنوعی در تولید سیستم‌های هوشمند آموزشی به‌وضوح دیده می‌شود. با ترکیب داده‌های آموزشی، روش‌های تدریس و نظارت مداوم بر پیشرفت دانش‌آموزان، این سیستم‌ها، محیط

یادگیری مؤثری فراهم می‌کنند که هم‌زمان تعاملی، پویا و شخصی‌سازی‌شده است. هوش مصنوعی به عنوان محرک اصلی این فرایند، نقش کلیدی در بهبود کیفیت آموزش و ایجاد تجربهٔ یادگیری نوین ایفا می‌کند.

پرسش ۲: کدام یک از سکوهای هوش مصنوعی آموزش ریاضی بیشترین میزان توجه از سوی پژوهشگران را داشته است؟

جدول ۲: سکوهای هوش مصنوعی در آموزش ریاضی

Table 3: Artificial Intelligence Platforms in Math Education

ردیف Row	سکوها Platforms	مؤلفهٔ اصلی Main Component
۱	آتوتیوتور (Autotutor) : مکالمهٔ تعاملی برای یادگیری مفاهیم	سکوهای دارای تعامل مستقیم با کاربر (مکالمهٔ هوشمند و تعاملی)
	کم تیوتور (Chem Tutor): تعامل با نظریه‌های شناختی و ارائهٔ پاسخ‌های سفارشی	
	سکوی هوشمند کیو ای دی تیوتریکس (QED-Tutrix): تعامل مستقیم برای حل مسائل	
	فتومث (Photomath): ارائهٔ توضیحات گام‌به‌گام از طریق تعامل با پرسش‌های کاربر	
۲	یوفراکشنز (UFractions): بازی هوشمند برای آموزش ریاضی	سکوهای بازی‌محور برای ایجاد تعامل فعال با دانش‌آموز
	سکوی وایانگ اوتپست (Wayang Outpost): یادگیری هندسه از طریق بازی و سناریوهای جذاب	
	اکتیومث (ActiveMath): استفاده از تعامل بازی‌محور در آموزش مفاهیم ریاضی	
۳	سکوی (MathITS): ارائهٔ بازخورد بر اساس مدل‌سازی نقشه‌های مفهومی	سکوهای مبتنی بر مدل‌سازی، بازخورد و شخصی‌سازی تعامل
	الکز (ALEKS): تحلیل عملکرد دانش‌آموزان و ارائهٔ محتوای سفارشی	
	اسیسمنت (Assistment): بازخوردهای لحظه‌ای بر اساس پیشرفت دانش‌آموز	
	سیستم هوشمند آموزشی (GeogebraTUTOR Project): آموزش ریاضی از طریق تعامل و تحلیل نیازها	
٤	دراگون (Dragoon): شبیه‌سازی برای آموزش حل مسائل پیچیده	سکوهای مبتنی بر شبیه‌سازی برای تعامل عمیق‌تر
	الکترونیکس توتور (ElectronixTutor): استفاده از شبیه‌سازی برای یادگیری الکترونیکی	
	لرن فرم (LearnForm): سناریوهای شبیه‌سازی‌شده برای یادگیری مفاهیم	
٥	وولفریم آلفا (WolframAlpha): ارائهٔ پاسخ‌های دقیق بر اساس پرسش‌های کاربر	سکوهای با تعامل انسان و هوش مصنوعی در حل مسائل
	آرتیمیت (ARTIMAT): ترکیب تعامل انسانی و هوش مصنوعی برای آموزش از راه دور	
	سکوی (EasyMath): حل مسائل ریاضی با همکاری انسان و سیستم هوشمند	
	مث تیوتور (Mathtutor): تعامل مستقیم برای آموزش ریاضی به دانش‌آموزان پایه‌های ٦ تا ٨	
٦	مینیکس (MINIX): ایجاد محیط تعاملی برای یادگیری دیجیتال	سکوهای تعاملی مبتنی بر بازخورد و همکاری اجتماعی
	ناچوس (Nachos): تعامل در محیط‌های یادگیری مبتنی بر گروه	
	هینتز (HINTS) : با امکان تعامل و همکاری میان کاربران	
٧	آمریتا (Amrita): تمرکز بر تعامل برای درک عمیق مفاهیم ریاضی	سکوهای با تمرکز بر آموزش مسائل کلامی و مفهومی
	انیمال واچ (AnimalWatch): ارائهٔ مسائل کلامی برای تعامل با مفاهیم ریاضی	

سکوهای آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند مکالمه‌های هوشمند، بازی‌محور، شبیه‌سازی و مدل‌سازی تعاملی، هر کدام به نحوی از فناوری‌های هوش مصنوعی بهره می‌برند تا تجربهٔ یادگیری را برای دانش‌آموزان جذاب‌تر و مؤثرتر کنند. این سکوها از ابزارهایی مانند پردازش زبان طبیعی، یادگیری ماشینی و الگوریتم‌های پیشرفته برای شخصی‌سازی محتوا، ارائهٔ بازخورد و شبیه‌سازی محیط‌های آموزشی استفاده می‌کنند. هوش مصنوعی عامل اصلی توانمندسازی این سکوهاست. برای مثال، در مکالمه‌های هوشمند، الگوریتم‌های پردازش زبان طبیعی امکان برقراری گفت‌وگوهای طبیعی با دانش‌آموزان را فراهم می‌کنند. در سکوهای بازی‌محور، از یادگیری تقویتی برای طراحی بازی‌هایی استفاده می‌شود که یادگیری را با انگیزه و تعامل فعال ترکیب کنند. شبیه‌سازی نیز به کمک مدل‌سازی ریاضی و تحلیل داده‌ها، محیط‌هایی را فراهم می‌کند تا دانش‌آموزان بتوانند مفاهیم پیچیده را به صورت تجربی درک کنند.

این سکوها نه فقط از هوش مصنوعی تأثیر می‌پذیرند، بلکه خود نیز بر توسعهٔ این فناوری تأثیرگذار هستند. داده‌های جمع‌آوری‌شده از تعاملات کاربران با این سیستم‌ها می‌توانند الگوریتم‌های هوش مصنوعی را بهبود دهند. به علاوه، طراحی و اجرای این سکوها نیازمند درکی عمیق از نحوهٔ عملکرد هوش مصنوعی و کاربرد آن در محیط‌های آموزشی است. در نهایت، این سکوها پایه و اساس تولید سیستم‌های هوشمند آموزشی را تشکیل می‌دهند. با ترکیب مدل‌های یادگیری شخصی‌سازی‌شده، تعامل انسانی–ماشینی و بازخورد مستمر، این سیستم‌ها می‌توانند تجربه‌ای فراگیر و منحصربه‌فرد برای یادگیری ریاضی فراهم کنند و دانش‌آموزان را به شکلی مؤثرتر و عمیق‌تر درگیر فرایند یادگیری کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با توجه به اهداف تعیین‌شده و معیارهای مؤثر، دو پرسش کلیدی مطرح شدند. در گام نخست، مؤلفه‌های اصلی سیستم‌های هوشمند آموزشی بررسی شدند که از هوش مصنوعی در آموزش ریاضی بهره می‌گیرند. سپس، سکوهای پرکاربرد و مورد توجه در آموزش ریاضی معرفی شدند.

تحلیل منابع نشان داد ٤٧ مؤلفه جالب توجه در این زمینه وجود دارند که بر اساس ویژگی های مشترک، می‌توان آنها را در ۸ دسته طبقه‌بندی کرد:

۱. شخصی‌سازی و گروه‌بندی دانش‌آموزان
۲. طراحی و ویژگی‌های سیستم‌های هوشمند آموزشی
۳. ارزیابی و ترمیم
٤. انگیزش و تعامل با دانش‌آموزان
۵. پشتیبانی آنلاین و آفلاین
٦. محتوا و روش‌های آموزشی
۷. کنترل پیشرفت و تسلط

۸. مشارکت انسان و هوش مصنوعی

همچنین، ۲۳ سکوی آموزش ریاضی که در مطالعات پیشین بیشترین توجه را به خود جلب کرده بودند، شناسایی و با توجه به نوع تعامل آنها با کاربر، در هفت گروه مختلف دسته‌بندی شدند. این دسته‌بندی در جدول (۲) ارائه شده است. در مقایسه با سایر پژوهش‌ها، مشخص شد در ایران مطالعات محدودی نقش هوش مصنوعی در آموزش و یادگیری ریاضی را بررسی کرده‌اند. در سطح بین‌المللی نیز، بسیاری از پژوهش‌ها به طور عمیق مؤلفه‌ها و ابعاد هوش مصنوعی در این حوزه را بررسی نکرده‌اند؛ موضوعی که مقایسه و تحلیل نتایج این مطالعه را با چالش‌هایی همراه کرده است.

نکته‌ای که در طراحی سیستم‌های آموزشی هوشمند باید مدنظر قرار گیرد این است که هدف نهایی نباید ساخت معلمانی با هوش مصنوعی خارق‌العاده باشد، بلکه باید تمرکز بر توسعهٔ ابزارهایی قدرتمند و کارآمد برای پشتیبانی از فرایند یادگیری باشد. طراحی این سیستم‌ها باید مبتنی بر نیازهای واقعی فراگیران و با توجه به ویژگی‌های آموزش انسانی صورت گیرد (Baker, 2016). این پژوهش با مرور نظریه‌ها و شواهد تجربی موجود، مؤلفه‌هایی را که یک سیستم هوشمند برای اثربخشی بیشتر در آموزش ریاضی باید دارا باشد، معرفی کرده و پیشنهادهایی برای بهبود پارامترهای کلیدی ارائه داده است. یکی از چالش‌های اساسی در طراحی چنین سیستم‌هایی نحوهٔ نمایش، مدیریت و ذخیره‌سازی ارتباطات میان اشیای اطلاعاتی در رایانه است. با وجود پیشرفت‌های جالب توجه در حوزهٔ هوش مصنوعی، پیچیدگی استفاده از این سیستم‌ها برای معلمان افزایش یافته و همین موضوع باعث کاهش تمایل آنها به پذیرش و به‌کارگیری این فناوری‌ها شده است. در نتیجه، شکاف میان پژوهشگران حوزهٔ سیستم‌های هوشمند و معلمان و کادر آموزشی به‌تدریج در حال گسترش است (Fitria, 2021).

نخستین گام در توسعهٔ سیستم‌های آموزشی هوشمند تحلیل دقیق فراگیران برای شخصی‌سازی و گروه‌بندی آنهاست. این تحلیل نه فقط به شناسایی نیازها و ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان کمک می‌کند، بلکه فرایند طراحی آموزشی را از مراحل اولیه تا ارزیابی نهایی هدایت می‌کند (Edmundson, 2007). شخصی‌سازی و گروه‌بندی دانش‌آموزان از جملهٔ مؤلفه‌های کلیدی است که به معلمان و سیستم‌های هوشمند این امکان را می‌دهد تا برنامه‌های آموزشی را بر اساس نیازها، توانایی‌ها و ویژگی‌های فردی هر دانش‌آموز تنظیم کنند. این اقدام موجب بهبود کیفیت یادگیری، افزایش انگیزه و کاهش احساس بی‌تفاوتی دانش‌آموزان در مواجهه با مطالب پیچیده می‌شود (Chen et al., 2020). استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته برای تشخیص نیازهای دانش‌آموزان و گروه‌بندی آنها در دسته‌های مختلف باعث می‌شود هر گروه آموزش‌های متناسب با سطح خود را دریافت کند و در نتیجه، از توانمندی‌های بالقوهٔ آنها بهتر استفاده شود (Baker & Siemens, 2014).

طراحی و ویژگی‌های سیستم‌های هوشمند آموزشی نیز نقش اساسی در تأثیرگذاری این فناوری‌ها بر فرایند آموزش دارند. خودکارسازی برنامه‌های آموزشی، استفاده از راهبردهای تدریس مبتنی بر هوش مصنوعی و

طراحی محیط‌های کاربرمحور می‌توانند یادگیری را برای دانش‌آموزان تسهیل کنند و به ویژه در ریاضی که ممکن است برای برخی چالش‌برانگیز باشد، امکان یادگیری تعاملی و مؤثر را فراهم آورند (Trust et al., 2023). این سیستم‌ها نه فقط محتوای آموزشی را به صورت متناسب با نیازهای دانش‌آموزان ارائه می‌دهند، بلکه توانایی شبیه‌سازی رفتار دانش‌آموزان و پیش‌بینی نیازهای بعدی آنها را نیز دارند (Azevedo & Wiedbusch, 2023).

ارزیابی و ترمیم از جملهٔ بخش‌های کلیدی در فرایند یادگیری است که با بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند، به شکلی مؤثر تقویت می‌شود. این سامانه‌ها با ارائهٔ بازخوردهای آنی و متناسب با نیازهای فردی هر دانش‌آموز، زمینه را برای شناسایی سریع خطاها و اصلاح فوری آنها فراهم می‌کنند. در مواقعی که خلأهای یادگیری شناسایی می‌شوند، امکان ارائهٔ آموزش‌های ترمیمی و هدفمند برای جبران این نواقص وجود دارد. همچنین، به‌کارگیری آزمون‌های مکرر و ابزارهای پیشرفتهٔ ارزیابی به سیستم‌های هوشمند این توانایی را می‌دهد تا روند یادگیری دانش‌آموزان را به صورت پیوسته رصد کنند و در صورت مشاهدهٔ افت یا کندی پیشرفت، اقدامات اصلاحی لازم را به‌موقع انجام دهند (Baker, 2016). در زمینهٔ انگیزش و تعامل با دانش‌آموزان، سیستم‌های هوشمند به واسطهٔ ارائهٔ محتوای آموزشی جذاب و متناسب با نیازهای هر دانش‌آموز، می‌توانند انگیزه‌های درونی را تقویت کنند. تعامل مستمر و سازنده با دانش‌آموزان در فرایند یادگیری می‌تواند به ایجاد علاقه و احساس تسلط بر مطالب منجر شود که از عوامل مهم در یادگیری مؤثر ریاضی به شمار می‌روند (Luckin et al., 2016). پشتیبانی آنلاین و آفلاین یکی از ویژگی‌های برجستهٔ سیستم‌های هوشمند است که به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد تا به منابع آموزشی در هر زمان و مکان دسترسی داشته باشند. این ویژگی به ویژه برای دانش‌آموزانی که به منابع آموزشی محدود دسترسی دارند، حیاتی است و باعث می‌شود تا یادگیری بدون وقفه و متناسب با نیازهای شخصی آنان ادامه یابد (Luckin et al., 2016).

محتوا و روش‌های آموزشی در سیستم‌های هوشمند، به ویژه در حوزهٔ آموزش ریاضی، نقشی بسیار مهم ایفا می‌کنند؛ زیرا آموزش این درس معمولاً با مفاهیم انتزاعی و پیچیده همراه است و به رویکردهای متنوع و انعطاف‌پذیر نیاز دارد. بهره‌گیری از روش‌هایی که مبتنی بر هوش مصنوعی طراحی شده‌اند و توانایی تطبیق محتوا با سطح توانایی و سرعت یادگیری هر دانش‌آموز را دارند، می‌توانند به طرزی چشم‌گیر کیفیت و اثربخشی آموزش را افزایش دهد. این نوع محتوا معمولاً شامل شبیه‌سازی‌های تعاملی، بازی‌های آموزشی و فناوری‌هایی مانند واقعیت افزوده است که نه فقط یادگیری ریاضی را برای دانش‌آموزان جذاب‌تر می‌کنند، بلکه درک مفاهیم را نیز آسان‌تر و عمیق‌تر می‌کنند (Trust et al., 2023). کنترل پیشرفت و میزان تسلط از عناصر کلیدی در سامانه‌های هوشمند آموزشی به شمار می‌رود که به معلمان و دانش‌آموزان کمک می‌کند تا روند یادگیری مفاهیم ریاضی را به‌دقت دنبال کنند. با تعریف شاخص‌های مشخص برای سنجش تسلط و پایش مداوم پیشرفت، مسیر یادگیری هدفمندتر و منسجم‌تر پیش خواهد رفت. این رویکرد امکان می‌دهد هر دانش‌آموز متناسب با توانایی‌ها و نیازهای فردی‌اش، گام‌به‌گام و مؤثر در مسیر آموزش حرکت کند (Baker & Siemens, 2014). همچنین، همراهی و تعامل میان انسان و هوش مصنوعی در نظام‌های آموزشی ترکیبی توانمند و اثربخش به وجود می‌آورد.

اگرچه سیستم‌های هوشمند می‌توانند به طور مؤثر وظایفی متعدد را انجام دهند، نقش معلمان انسانی در ایجاد تعاملات شخصی و هدایت فرایند یادگیری همچنان ضروری است. معلمان با توانایی‌های خود می‌توانند ابعاد انسانی مانند پشتیبانی عاطفی و اجتماعی را فراهم کنند، در حالی که هوش مصنوعی می‌تواند از طریق تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ارائهٔ بازخورد دقیق، به تقویت این فرایند کمک کند (Luckin et al., 2016).

در نهایت، با بررسی پلتفرم‌های معرفی‌شده و تحلیل روش‌های هوش مصنوعی به‌کاررفته در آموزش ریاضی، می‌توان این سکوها را بر پایهٔ نوع تعاملشان با دانش‌آموزان در هفت گروه اصلی دسته‌بندی کرد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد تنوعی جالب توجه در شیوه‌های تعاملی وجود دارد؛ رویکردهایی که هر یک با هدف پاسخ‌گویی به نیازهای متفاوت یادگیرندگان طراحی شده و توسعه یافته‌اند. یکی از این گروه‌ها پلتفرم‌هایی هستند که تعاملی مستقیم با کاربر دارند و با استفاده از فناوری‌هایی مانند پردازش زبان طبیعی و سامانه‌های گفت‌وگومحور مبتنی بر هوش مصنوعی، این امکان را فراهم می‌کنند تا دانش‌آموز پرسش‌های خود را مطرح و پاسخ‌هایی فوری دریافت کند. نمونهٔ برجستهٔ این رویکرد سکوی Wolfram Alpha است که به ویژه در درک بهتر مفاهیم پایهٔ ریاضی کاربردی مؤثر دارد و به برطرف‌کردن سریع ابهام‌های ذهنی کمک می‌کند.

دستهٔ دوم سکوهایی هستند که بر اساس بازی‌محوری طراحی شده‌اند و با بهره‌گیری از اصول گیمیفیکیشن، تلاش دارند فرایند یادگیری را برای دانش‌آموزان، به ویژه در دورهٔ ابتدایی، جذاب‌تر و لذت‌بخش‌تر کنند. پلتفرم‌هایی مانند UFractions با طراحی محیط‌های بازی‌گونه و تعاملی، موجب افزایش مشارکت و انگیزهٔ یادگیرندگان می‌شوند. دستهٔ سوم سکوهایی هستند که بر مدل‌سازی، ارائهٔ بازخورد و شخصی‌سازی تمرکز دارند. این پلتفرم‌ها با تحلیل پیوستهٔ داده‌های مربوط به عملکرد دانش‌آموز، محتوا و بازخوردها را متناسب با نیازهای یادگیری هر فرد تنظیم می‌کنند؛ به گونه‌ای که مسیر یادگیری برای هر دانش‌آموز به صورت اختصاصی و متناسب با ویژگی‌های او شکل می‌گیرد. نوع دیگری از پلتفرم‌ها، آنهایی هستند که مبتنی بر شبیه‌سازی عمل می‌کنند. این سکوها با طراحی سناریوهای واقعی یا مجازی، مفاهیم ریاضی را در قالب موقعیت‌های ملموس و کاربردی به دانش‌آموز ارائه می‌دهند. چنین رویکردی به ویژه برای آموزش مفاهیم پیچیده و انتزاعی بسیار اثربخش است و زمینهٔ یادگیری تجربه‌محور را فراهم می‌کند.

در دستهٔ بعدی، سکوهای تعاملی مبتنی بر بازخورد و همکاری اجتماعی قرار می‌گیرند که با فراهم‌کردن بستر گفت‌وگوی گروهی و به‌اشتراک‌گذاری دانش، مهارت‌های ارتباطی و تفکر انتقادی دانش‌آموزان را تقویت می‌کنند. و در نهایت، سکوهایی با تمرکز بر آموزش مسائل کلامی و مفهومی طراحی شده‌اند تا به دانش‌آموزان در فهم عمیق مفاهیم ریاضی و حل مسائل انتزاعی کمک کنند. این دسته از پلتفرم‌ها، با تکیه بر تقویت تفکر مفهومی، یادگیرنده را برای مواجهه با چالش‌های پیچیده‌تر ریاضی آماده می‌کنند.

در مجموع، این سکوها با ارائهٔ روش‌های متنوع و نوآورانه، نه فقط فرایند یادگیری را اثربخش‌تر می‌کنند، بلکه فرصت‌هایی را برای تقویت مهارت‌های کلیدی دانش‌آموزان فراهم می‌آورند که در دنیای مدرن اهمیت بسیاری

دارند. برای مثال، Autotutor از مکالمات تعاملی برای یادگیری مفاهیم ریاضی استفاده می‌کند که باعث می‌شود یادگیری به صورت فعال و پویا پیش برود. همچنین، Chem Tutor با تعامل بر اساس نظریه‌های شناختی، پاسخ‌های سفارشی به دانش‌آموزان ارائه می‌دهد تا درکی عمیق‌تر از مفاهیم داشته باشند. سکوهایی مانند QED-Tutrix از تعامل مستقیم برای حل مسائل استفاده می‌کنند و به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهند تا گام‌به‌گام مشکلات ریاضی را حل کنند. Photomath هم با ارائهٔ توضیحات گام‌به‌گام از طریق تعامل با پرسش‌های کاربر، به آنها کمک می‌کند تا درکی بهتر از حل مسائل ریاضی پیدا کنند. برای آموزش مفاهیمی مانند کسر، UFractions از بازی‌های هوشمند بهره می‌برد که این امر باعث می‌شود یادگیری سرگرم‌کننده و جذاب باشد. سکوهایی مانند Wayang Outpost یادگیری هندسه را از طریق بازی‌ها و سناریوهای جذاب فراهم می‌کنند و به دانش‌آموزان این فرصت را می‌دهند تا در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده مفاهیم هندسی را تجربه کنند. همچنین، ActiveMath از روش‌های بازی‌محور برای آموزش مفاهیم ریاضی استفاده می‌کند که به جذاب‌تر شدن فرایند یادگیری کمک می‌کند. در سکوهایی مانند MathITS، بازخوردها بر اساس مدل‌سازی نقشه‌های مفهومی ارائه می‌شوند که به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا روابط بین مفاهیم مختلف ریاضی را بهتر درک کنند. ALEKS هم با تحلیل عملکرد دانش‌آموزان و ارائهٔ محتوای سفارشی، روند یادگیری را شخصی‌سازی می‌کند و به هر دانش‌آموز در سطح خود کمک می‌کند. سکوهایی مانند Assistment بازخوردهای لحظه‌ای بر اساس پیشرفت دانش‌آموزان می‌دهند که به اصلاح سریع اشتباهات کمک می‌کند و فرایند یادگیری را تسریع می‌بخشد. همچنین، سیستم‌هایی مانند GeogebraTUTOR با تحلیل نیازهای یادگیری دانش‌آموزان، فرایند آموزش را به شکل تعاملی و مفهومی پیش می‌برند. این سکوها همچنین از شبیه‌سازی‌ها استفاده می‌کنند تا مسائل پیچیده را به دانش‌آموزان آموزش دهند، مانند Dragoon که از شبیه‌سازی برای آموزش حل مسائل پیچیده استفاده می‌کند یا ElectronixTutor که از شبیه‌سازی برای آموزش مفاهیم الکترونیک کمک می‌کند. LearnForm با سناریوهای شبیه‌سازی‌شده برای آموزش مفاهیم ریاضی، تجربهٔ یادگیری واقعی‌تری را فراهم می‌آورد. سکوهایی مانند WolframAlpha که پاسخ‌هایی دقیق به پرسش‌های ریاضی ارائه می‌دهند، به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا با حل مسائل پیچیده روبه‌رو شوند. در نهایت، ARTIMAT با ترکیب تعامل انسانی و هوش مصنوعی، به دانش‌آموزان امکان می‌دهد تا از آموزش آنلاین به طور مؤثر استفاده کنند.

با انجام این پژوهش، امید می‌رود نتایج به‌دست‌آمده بتواند تأثیری مثبت بر فرایند آموزش در مدارس و بهبود یادگیری دانش‌آموزان داشته باشد. البته این پژوهش پایان راه در این حوزه نیست، بلکه نقطهٔ آغاز برای مطالعات بیشتر و بهبودهای آینده به شمار می‌رود؛ زیرا هنوز جنبه‌های بسیاری از این موضوع جای بررسی و واکاوی دارند. نکتهٔ پایانی آنکه، برای طراحی و اجرای سیستم‌های هوشمند آموزشی کارآمد در کلاس‌های واقعی، ضروری است تا تمامی الزامات عملکردی این سامانه‌ها به‌دقت رعایت شوند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به عنوان منبعی کاربردی برای طراحان سیستم‌های آموزشی هوشمند استفاده شود تا پیش از ورود به مرحلهٔ طراحی و اجرای چنین سامانه‌هایی، با شناخت دقیق ویژگی‌ها، مؤلفه‌ها و عناصر کلیدی در مراحل تحلیل،

طراحی، تولید، توسعه، پشتیبانی و ارزیابی و با تکیه بر تجربیـات پژوهشـگران و نمونـه‌هـای موفـق بـین‌المللـی بررسی‌شده در این پژوهش، تصمیم‌گیری دقیق‌تری داشته باشند.

منابع

برزگری، عطا، عظیمی یانچشمه، اسماعیل، و حاتمی، جواد (۱٤۰۳). آموزش افتراقی ارتقایافته به کمـک فنـاوری: یک مرور روایتی. *رویکردهای نوین آموزشی*، *۱۹*(۲)، ۱۳۷–۱٦۲. https://doi.org/10.22108/nea.2024.141410.2030

ظفری، مصطفی، اسماعیلی، علی، و صادقی نیارکی، ابوالقاسم (۱٤۰۰). مروری بر کاربردهای هـوش مصـنوعی و واقعیت مجازی در آموزش. *مطالعات اندازه‌گیری و ارزشیابی آموزشی*، *۱۱*(۳٦)، ۸۹–۱۱٦. https://jresearch.sanjesh.org/article_251559.html

References

AbuEloun, N. N., & Naser, S. S. A. (2017). Mathematics intelligent tutoring system. *International Journal of Advanced Scientific Research*, *2*(1), 11–16. https://B2n.ir/ex4156

Acharya, B. R. (2017). Factors affecting difficulties in learning mathematics by mathematics learners. *International Journal of Elementary Education*, *6*(2), 8-15. https://doi.org/10.11648/j.ijeedu.20170602.11

Adair, A. (2023). Teaching and learning with AI: How artificial intelligence is transforming the future of education. *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, *29*(3), 7-9. https://doi.org/10.1145/3589252

Al-Aqbi, A. T., Falih, A. Y., Saleh, B. J., Al-juaifari, E. N., & Abdulhassan, E. L. (2019). The effect of the intelligent tutoring systems on the education. *Journal of Intelligence Research (JIR)*, *10*, 683-698. https://B2n.ir/xz1547

Aleven, V., McLaren, B. M., & Sewall, J. (2009). Scaling up programming by demonstration for intelligent tutoring systems development: An open-access web site for middle school mathematics learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *2*(2), 64-78. https://doi.org/10.1109/TLT.2009.22

Almusaed, A., Almssad, A., Yitmen, I., & Homod, R. Z. (2023). Enhancing student engagement: Harnessing "AIED"'s power in hybrid education—A review analysis. *Education Sciences*, *13*(7), 632. https://doi.org/10.3390/educsci13070632

Andrejevic, M. (2019). *Automated media*. Routledge.

Azevedo, R., & Wiedbusch, M. (2023). Theories of metacognition and pedagogy applied to AIED systems. In *Handbook of artificial intelligence in education* (pp. 45-67). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781800375413.00013

Bahadir, E. (2016). Using neural network and logistic regression analysis to predict prospective mathematics teachers' academic success upon entering graduate education. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *16*(3), 943-964. https://B2n.ir/bs7339

Baker, R. S. (2016). Stupid tutoring systems, intelligent humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *26*, 600-614. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0105-0

Baker, R., & Siemens, G. (2014). Learning analytics and educational data mining. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the leaning sciences* (pp. 253-272). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.016

Barzegari, A., Azimi Yancheshmeh, E., & Hatami, J. (2025). Technology-enhanced differentiated instruction: A narrative review. *New Educational Approaches*, *19*(2), 137-162. https://doi.org/10.22108/nea.2024.141687.2037 [In Persian]

Basalin, P. D., & Timofeev, A. E. (2019). Fuzzy models for the functioning of the rule-based hybrid intelligent learning environment. *International Journal of Open Information Technologies*, *7*(2), 49-55. http://injoit.ru/index.php/j1/article/view/693

Beal, C. R., Arroyo, I. M., Cohen, P. R., & Woolf, B. P. (2010). Evaluation of AnimalWatch: An intelligent tutoring system for arithmetic and fractions. *Journal of Interactive Online Learning*, *9*(1). https://B2n.ir/kb1943

Beal, C. R., & Galan, F. C. (2015). Math word problem solving by English learners and English primary students in an intelligent tutoring system. *International Journal of Learning Technology*, *10*(2), 170-184. https://doi.org/10.1504/IJLT.2015.070686

Bednorz, D., & Kleine, M. (2023). Unsupervised machine learning to classify language dimensions to constitute the linguistic complexity of mathematical word problems. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, *18*(1), em0719. https://doi.org/10.29333/iejme/12588

Boeije, H. (2002). A purposeful approach to the constant comparative method in the analysis of qualitative interviews. *Quality and Quantity*, *36*, 391-409. https://doi.org/10.1023/A:1020909529486

Bu, Y., & Chen, F. (2023). What key contextual factors contribute to students’ reading literacy among top-performing countries and economies? Statistical and machine learning analyses. *International Journal of Educational Research*, *122*, 102267. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102267

Castaneda, L., & Williamson, B. (2021). Assembling new toolboxes of methods and theories for innovative critical research on educational technology. *Journal of New Approaches in Educational Research*, *10*(1), 1-4. https://doi.org/10.7821/naer.2021.1.703

Chang, C. Y. (2001). A problem-solving based computer-assisted tutorial for the earth sciences. *Journal of Computer Assisted Learning*, *17*(3), 263-274. https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2001.00181.x

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, *8*, 75264-75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Chevalere, J., Yun, H. S., Henke, A., Pinkwart, N., Hafner, V. V., & Lazarides, R. (2023). A sequence of learning processes in an intelligent tutoring system from topic-related appraisals to learning gains. *Learning and Instruction*, *87*, 101799. http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2023.101799

Chien, T. C., Ali, W. Z. W., & Bakar, A. R. (2008). The effect of an intelligent tutoring system (ITS) on student achievement in algebraic expression. *International Journal of Instruction*, *1*(2). https://B2n.ir/sd3188

Cooper, H. (2015). *Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach*. Sage Publications.

Cristea, A. I., Bittencourt, I. I., & Lima, F. (Eds.). (2018). *Higher education for all: From challenges to novel technology-enhanced solutions: First international workshop on social, semantic, adaptive and gamification techniques and technologies for distance learning, HEFA 2017*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97934-2

Cronin, A., Intepe, G., Shearman, D., & Sneyd, A. (2019). Analysis using natural language processing of feedback data from two mathematics support centres. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *50*(7), 1087-1103. https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1656831

Dai, C. P., Ke, F., Pan, Y., & Liu, Y. (2023). Exploring students' learning support use in digital game-based math learning: A mixed-methods approach using machine learning and multi-cases study. *Computers & Education*, *194*, 104698. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104698

Del Olmo-Muñoz, J., González-Calero, J. A., Diago, P. D., Arnau, D., & Arevalillo-Herráez, M. (2023). Intelligent tutoring systems for word problem solving in COVID-19 days: Could they have been (part of) the solution. *ZDM–Mathematics Education*, *55*(1), 35-48. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01396-w

Dermeval, D., & Bittencourt, I. I. (2020). Co-designing gamified intelligent tutoring systems with teachers. *Revista Brasileira De Informática Na Educação*, *28*, 73-91. https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/3722

Dermeval, D., Leite, G., Almeida, J., Albuquerque, J., Bittencourt, I. I., Siqueira, S. W., ..., & Silva, A. P. D. (2017). An ontology-driven software product line architecture for developing gamified intelligent tutoring systems. *International Journal of Knowledge and Learning*, *12*(1), 27-48. https://doi.org/10.1504/IJKL.2017.088181

Druzhinina, O. V., Karpacheva, I. A., Masina, O. N., & Petrov, A. A. (2021). Development of an integrated complex of knowledge base and tools of expert systems for assessing knowledge of students in mathematics within the framework of a hybrid intelligent learning environment. *International Journal of Education and Information Technologies*, *15*, 122. http://dx.doi.org/10.46300/9109.2021.15.12

Du Boulay, B. (2016). Recent meta-reviews and meta–analyses of AIED systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *26*(1), 536-537. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0060-1

Duzhin, F., & Gustafsson, A. (2018). Machine learning-based app for self-evaluation of teacher-specific instructional style and tools. *Education Sciences*, *8*(1), 7. http://dx.doi.org/10.3390/educsci8010007

Edmundson, A. (2007). The cultural adaptation process (CAP) model: Designing e-learning for another culture. In *Globalized e-learning cultural challenges* (pp. 267-290). IGI Global. http://dx.doi.org/10.4018/978-1-59904-301-2.ch016

El Mamoun, B., Erradi, M., & El Mhouti, A. (2018). Using an intelligent tutoring system to support learners' WMC in e-learning: Application in mathematics learning. *International Journal* *of Emerging Technologies in Learning (Online)*, *13*(12), 142. http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v13i12.8938

Erkollar, A., & Oberer, B. (2016). The effects of the flipped classroom approach shown in the example of a master course on management information systems. *The Online Journal of Quality in Higher Education*, *3*(3), 34-43. https://B2n.ir/mn2610

Erümit, A. K., & Çetin, İ. (2020). Design framework of adaptive intelligent tutoring systems. *Education and Information Technologies*, *25*(5), 4477-4500. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10182-8

Ezzaim, A., Dahbi, A., Aqqal, A., & Haidine, A. (2024). AI-based learning style detection in adaptive learning systems: a systematic literature review. *Journal of Computers in Education*, 1-39. https://doi.org/10.1007/s40692-024-00328-9

Feng, M., Heffernan, N. T., Heffernan, C., & Mani, M. (2009). Using mixed-effects modeling to analyze different grain-sized skill models in an intelligent tutoring system. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *2*(2), 79-92. https://doi.org/10.1109/TLT.2009.17

Fitria, T. N. (2021, December). Artificial intelligence (AI) in education: Using AI tools for teaching and learning process. In *Prosiding Seminar Nasional & Call for Paper STIE AAS* (pp. 134-147). Surakarta, Jawa Tengah. https://B2n.ir/by7026

Gabriel, F., Signolet, J., & Westwell, M. (2018). A machine learning approach to investigating the effects of mathematics dispositions on mathematical literacy. *International Journal of Research & Method in Education*, *41*(3), 306-327. https://doi.org/10.1080/1743727X.2017.1301916

García-Martínez, I., Fernández-Batanero, J. M., Fernández-Cerero, J., & León, S. P. (2023). Analysing the impact of artificial intelligence and computational sciences on student performance: Systematic review and meta-analysis. *Journal of New Approaches in Educational Research*, *12*(1), 171-197. https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1240

Garg, S., & Sharma, S. (2020). Impact of artificial intelligence in special need education to promote inclusive pedagogy. *International Journal of Information and Education Technology*, *10*(7), 523-527. http://dx.doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.7.1418

Graff, M., Mayer, P., & Lebens, M. (2008). Evaluating a web based intelligent tutoring system for mathematics at German lower secondary schools. *Education and Information Technologies*, *13*, 221-230. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-008-9062-z

Green, D. T. (2011). *Intelligent tutoring systems for skill acquisition*. The University of Arizona.

Gunel, K., & Asliyan, R. (2009). Determining difficulty of questions in intelligent tutoring systems. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, *8*(3), 14-21. https://B2n.ir/me7231

Guo, Z., & Barmaki, R. (2020). Deep neural networks for collaborative learning analytics: Evaluating team collaborations using student gaze point prediction. *Australasian Journal of Educational Technology*, *36*(6), 53-71. http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2010.12012

Gurcan, F., Erdogdu, F., Cagiltay, N. E., & Cagiltay, K. (2023). Student engagement research trends of past 10 years: A machine learning-based analysis of 42,000 research articles. *Education and Information Technologies*, 1-25. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-023-11803-8

Haraty, R., & Sharif, A. (2008). The relationship between using of an intelligent tutoring system and class achievement in a basic mathematics course. *International Journal of Emerging technologies in Learning (iJET)*, *3*(2), 20-23. https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/158

Haridas, M., Gutjahr, G., Raman, R., Ramaraju, R., & Nedungadi, P. (2020). Predicting school performance and early risk of failure from an intelligent tutoring system. *Education and Information Technologies*, *25*, 3995-4013. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10144-0

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., …, & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504-526. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1

Hsieh, M. C., & Chen, S. H. (2019). Intelligence augmented reality tutoring system for mathematics teaching and learning. *Journal of Internet Technology*, *20*(5), 1673-1681. https://doi.org/10.3966/160792642019092005031

Immekus, J. C., Jeong, T. S., & Yoo, J. E. (2022). Machine learning procedures for predictor variable selection for schoolwork-related anxiety: evidence from PISA 2015 mathematics, reading, and science assessments. *Large-scale Assessments in Education*, *10*(1), 1-21. http://dx.doi.org/10.1186/s40536-022-00150-8

Jacobson, M. J., Markauskaite, L., Portolese, A., Kapur, M., Lai, P. K., & Roberts, G. (2017). Designs for learning about climate change as a complex system. *Learning and Instruction*, *52*, 1-4. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.03.007

Jehan, S., & Akram, P. (2023). Introducing computer science unplugged in Pakistan: A machine learning Approach. *Education Sciences*, *13*(9), 892. https://www.mdpi.com/2227-7102/13/9/892

Joaquim, S., Bittencourt, I. I., de Amorim Silva, R., Espinheira, P. L., & Reis, M. (2022). What to do and what to avoid on the use of gamified intelligent tutor system for low-income students. *Education and Information Technologies*, *27*(2), 2677-2694. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10728-4

Johnson, L., Becker, S. A., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *NMC horizon report: 2016 higher education edition*. The New Media Consortium.

Jugo, I., Kovačić, B., & Slavuj, V. (2016). Increasing the adaptivity of an intelligent tutoring system with educational data mining: a system overview. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online)*, *11*(3), 67. http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v11i03.5103

King, C. L., Vincent, K., Warnars, H. L., Nordin, N., & Utomo, W. H. (2021). Intelligent tutoring system: Learning math for 6th-grade primary school students. *Education Research International*, 5590470. https://doi.org/10.1155/2021/5590470

Knight, J. K., & Wood, W. B. (2005). Teaching more by lecturing less. *Cell Biology Education*, *4*(4), 298-310. https://doi.org/10.1187/05-06-0082

Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, *86*(1), 42-78. https://doi.org/10.3102/0034654315581420

Lazarides, R., & Chevalère, J. (2021). Artificial intelligence and education: Addressing the variability in learners' emotion and motivation with adaptive teaching assistants. *Bildung und Erziehung*, *74*(3), 264-279. https://doi.org/10.13109/buer.2021.74.3.264

Le, H., & Jia, J. (2022). Design and implementation of an intelligent tutoring system in the view of learner autonomy. *Interactive Technology and Smart Education*, *19*(4), 510-525. https://doi.org/10.1108/ITSE-12-2021-0210

Lee, D., & Yeo, S. (2022). Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics. *Computers & Education*, *191*, 104646. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104646

Lehtinen, E., Hannula-Sormunen, M., McMullen, J., & Gruber, H. (2017). Cultivating mathematical skills: From drill-and-practice to deliberate practice. *ZDM Mathematics Education*, *49*, 625-636. https://doi.org/10.1007/s11858-017-0856-6

Lezhnina, O., & Kismihók, G. (2022). Combining statistical and machine learning methods to explore German students' attitudes towards ICT in PISA. *International Journal of Research & Method in Education*, *45*(2), 180-199. http://dx.doi.org/10.1080/1743727X.2021.1963226

Lokare, V. T., & Jadhav, P. M. (2024). An AI-based learning style prediction model for personalized and effective learning. *Thinking Skills and Creativity*, *51*, 101421. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101421

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unbound: The future of uploaded and machine minds*. Wiley-Blackwell.

Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, *106*(4), 901. https://doi.org/10.1037/a0037123

Marinho, A., Oliveira, W., Bittencourt, I. I., & Dermeval, D. (2019). Does gamification improve flow experience in classroom? An analysis of gamer types in collaborative and competitive settings. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, *27*(02), 40. https://doi.org/10.5753/rbie.2019.27.02.40

Marion, A. O., & Oluwafunmilayo, A. A. (2011). Design and development of an intelligent instructive system: (Scholastic Tutor (St*)). *Turkish Online Journal of Distance Education*, *12*(4), 34-44. https://dergipark.org.tr/en/pub/tojde/issue/16906/176293

Mays, N., Pope, C., & Popay, J. (2005). Systematically reviewing qualitative and quantitative evidence to inform management and policy-making in the health field. *Journal of Health Services Research & Policy*, *10*(1_suppl), 6-20. https://doi.org/10.1258/1355819054308576

McIntyre, N. A. (2023). Access to online learning: Machine learning analysis from a social justice perspective. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 3787-3832. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-022-11280-5

Melchor, P. J., Lomibao, L. S., & Parcutilo, J. O. (2023). Exploring the potential of AI integration in mathematics education for generation Alpha—Approaches, challenges, and readiness of

Philippine tertiary classrooms: A literature review. *Journal of Innovations in Teaching and Learning*, *3*(1), 39-44. https://B2n.ir/dt3133

Mokmin, N. A., & Masood, M. (2017). The design and development of an intelligent tutoring system as a part of the architecture of internet of things (IoT). In *Proceedings of the 2017 International Conference on Telecommunications and Communication Engineering* (pp. 92-96). https://doi.org/10.1145/3145777.3145793

Muhie, Y. A., & Woldie, A. B. (2020). Integration of artificial intelligence technologies in teaching and learning in higher education. *Science and Technology*, *10*(1), 1-7. https://B2n.ir/hg6575

Musso, M. F., Cascallar, E. C., Bostani, N., & Crawford, M. (2020, July). Identifying reliable predictors of educational outcomes through machine-learning predictive modeling. In *Frontiers in education* (Vol. 5, p. 104). Frontiers Media SA. http://dx.doi.org/10.3389/feduc.2020.00104

Nabiyev, V., Çakiroğlu, Ü., Karal, H., ERÜMİT, A. K., & Ayça, Ç. E. B. İ. (2016). Application of graph theory in an intelligent tutoring system for solving mathematical word problems. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(4), 687-701. http://dx.doi.org/10.12973/eurasia.2015.1401a

Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1988). *Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies*. Sage Publications.

Nussbaum, M., Rosas, R., Peirano, I., & Cárdenas, F. (2001). Development of intelligent tutoring systems using knowledge structures. *Computers & Education*, *36*(1), 15-32. http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1315(00)00048-8

Nygren, E., Blignaut, A. S., Leendertz, V., & Sutinen, E. (2019). Quantitizing affective data as project evaluation on the use of a mathematics mobile game and intelligent tutoring system. *Informatics in Education*, *18*(2), 375-402. http://dx.doi.org/10.15388/infedu.2019.18

Oberer, B. (2016). Flipped MIS: The mobile flipped classroom approach shown in the example of MIS courses. *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology*, *9*(3), 379-390. http://dx.doi.org/10.14257/ijunesst.2016.9.3.36

Ocana-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., & Garro-Aburto, L. L. (2019). Artificial intelligence and its implications in higher education. *Journal of Educational Psychology-Propositos y Representaciones*, *7*(2), 553-568. https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274

Pai, K. C., Kuo, B. C., Liao, C. H., & Liu, Y. M. (2021). An application of Chinese dialogue-based intelligent tutoring system in remedial instruction for mathematics learning. *Educational Psychology*, *41*(2), 137-152. https://doi.org/10.1080/01443410.2020.1731427

Paiva, R., & Bittencourt, I. I. (2020). Helping teachers help their students: A human-AI hybrid approach. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 448-459). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_36

Paiva, R. C., Ferreira, M. S., & Frade, M. M. (2017). Intelligent tutorial system based on personalized system of instruction to teach or remind mathematical concepts. *Journal of Computer Assisted Learning*, *33*(4), 370-381. http://dx.doi.org/10.1111/jcal.12186

Park, S. (2023). Discovering unproductive learning patterns of wheel-spinning students in intelligent tutors using cluster analysis. *TechTrends*, *67*, 489–497. https://doi.org/10.1007/s11528-023-00847-9

Rajendran, R., Iyer, S., & Murthy, S. (2018). Personalized affective feedback to address students' frustration in ITS. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *12*(1), 87-97. http://dx.doi.org/10.1109/TLT.2018.2807447

Rau, M. A., Michaelis, J. E., & Fay, N. (2015). Connection making between multiple graphical representations: A multi-methods approach for domain-specific grounding of an intelligent tutoring system for chemistry. *Computers & Education*, *82*, 460-485. http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.009

Richard, P. R., Fortuny, J. M., Gagnon, M., Leduc, N., Puertas, E., & Tessier-Baillargeon, M. (2011). Didactic and theoretical-based perspectives in the experimental development of an intelligent tutorial system for the learning of geometry. *ZDM Mathematics Education*, *43*, 425-439. http://dx.doi.org/10.1007/s11858-011-0320-y

Richard, P. R., Vélez, M. P., & Van Vaerenbergh, S. (2022). *Mathematics education in the age of artificial intelligence: How artificial intelligence can serve the mathematical human learning* (Mathematics Education in the Digital Era, Vol. 17). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0

Rojano, T., & García-Campos, M. (2017). Teaching mathematics with intelligent support in natural language. Tertiary education students working with parametrized modelling activities. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, *36*(1), 18-30. http://dx.doi.org/10.1093/teamat/hrw009

Rosé, C. P., McLaughlin, E. A., Liu, R., & Koedinger, K. R. (2019). Explanatory learner models: Why machine learning (alone) is not the answer. *British Journal of Educational Technology*, *50*(6), 2943-2958. http://dx.doi.org/10.1111/bjet.12858

Shih, S. C., Chang, C. C., Kuo, B. C., & Huang, Y. H. (2023). Mathematics intelligent tutoring system for learning multiplication and division of fractions based on diagnostic teaching. *Education and Information Technologies*, *28*, 9189–9210. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-022-11553-z

Shin, D. (2022). Teaching mathematics integrating intelligent tutoring systems: Investigating prospective teachers' concerns and TPACK. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *20*(8), 1659-1676. https://doi.org/10.1007/s10763-021-10221-x

Shin, J., Balyan, R., Banawan, M. P., Arner, T., Leite, W. L., & McNamara, D. S. (2023). Pedagogical discourse markers in online algebra learning: Unraveling instructor's communication using natural language processing. *Computers & Education*, *205*, 104897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104897

Shoikova, E., Nikolov, R., & Kovatcheva, E. (2017). Conceptualising of smart education. *Electrotechnica & Electronica (E+ E)*, *52*. https://B2n.ir/yu5478

Sperling, K., Stenliden, L., Nissen, J., & Heintz, F. (2022). Still w (AI) ting for the automation of teaching: An exploration of machine learning in Swedish primary education using Actor-Network Theory. *European Journal of Education*, *57*(4), 584-600. https://doi.org/10.1111/ejed.12526

Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational Psychology*, *106*(2), 331-345. https://doi.org/10.1037/a0034752

Suk, Y., Kim, J. S., & Kang, H. (2021). Hybridizing machine learning methods and finite mixture models for estimating heterogeneous treatment effects in latent classes. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, *46*(3), 323-347. https://doi.org/10.3102/1076998620951983

Suri, H. (2011). Purposeful sampling in qualitative research synthesis. *Qualitative Research Journal*, *11*(2), 63-75. https://doi.org/10.3316/QRJ1102063

Takami, K., Flanagan, B., Dai, Y., & Ogata, H. (2023). Personality-based tailored explainable recommendation for trustworthy smart learning system in the age of artificial intelligence. *Smart Learning Environments*, *10*(1), 65. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.474

Terzieva, V., Ilchev, S., Todorova, K., & Andreev, R. (2021). Towards a design of an intelligent educational system. *IFAC-PapersOnLine*, *54*, 363-368. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.474

Toprak, E., & Gelbal, S. (2020). Comparison of classification performances of mathematics achievement at PISA 2012 with the artificial neural network, decision trees and discriminant analysis. *International Journal of Assessment Tools in Education*, *7*(4), 773-799. http://dx.doi.org/10.21449/ijate.778864

Trust, T., Whalen, J., & Mouza, C. (2023). Editorial: ChatGPT: Challenges, opportunities, and implications for teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, *23*(1), 1-23. https://www.learntechlib.org/p/222408

Tsidylo, I. M., & Sena, C. E. (2023). Artificial intelligence as a methodological innovation in the training of future designers: midjourney tools. *Information Technologies and Learning Tools*, *97*(5), 203. http://dx.doi.org/10.33407/itlt.v97i5.5338

Tuomi, I. (2019). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education: Policies for the future. JRC Science for Policy Report. *European Commission*. https://dx.doi.org/10.2760/337593

Urrutia, F., & Araya, R. (2024). Who's the best detective? Large language models vs. traditional machine learning in detecting incoherent fourth grade math answers. *Journal of Educational Computing Research*, *61*(8), 187-218. https://doi.org/10.1177/07356331231191174

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, *46*(4), 197-221. http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2011.611369

VanLehn, K., Wetzel, J., Grover, S., & Van De Sande, B. (2016). Learning how to construct models of dynamic systems: an initial evaluation of the dragoon intelligent tutoring system. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *10*(2), 154-167. https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TLT.2016.2514422

Ventura, M. D. (2017). Creating inspiring learning environments by means of digital technologies: A case study of the effectiveness of WhatsApp in music education. In *E-Learning, E-Education, and Online Training: Third International Conference, eLEOT 2016* (pp. 36-45). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49625-2_5

Virvou, M., & Tsiriga, V. (2001). An object-oriented software life cycle of an intelligent tutoring system. *Journal of Computer Assisted Learning*, *17*(2), 200-205. http://dx.doi.org/10.1046/j.0266-4909.2001.00172.x

Wang, B., Liu, H., An, P., Li, Q., Li, K., Chen, L., Zhang, Q., ..., & Gu, S. (2018). *Artificial Intelligence and Education*. Springer Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-2209-9_5

Wang, D., Han, H., Zhan, Z., Xu, J., Liu, Q., & Ren, G. (2015). A problem solving oriented intelligent tutoring system to improve students' acquisition of basic computer skills. *Computers & Education*, *81*, 102-112. http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.003

Wang, F., King, R. B., & Leung, S. O. (2023). Why do East Asian students do so well in mathematics? A machine learning study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *21*(3), 691-711. http://dx.doi.org/10.1007/s10763-022-10262-w

Wu, Y. T., Hou, H. T., Hwang, F. K., Lee, M. H., Lai, C. H., Chiou, G. L., ..., & Tsai, C. C. (2013). A review of intervention studies on technology-assisted instruction from 2005-2010. *Journal of Educational Technology & Society*, *16*(3), 191-203. https://B2n.ir/fn4585

Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Bridging the gap between qualitative and quantitative assessment in science education research with machine learning—A case for pretrained language models-based clustering. *Journal of Science Education and Technology*, *31*(4), 490-513. https://doi.org/10.1007/s10956-022-09969-w

Xu, W., Zhao, K., Li, Y., & Yi, Z. (2012). FUDAOWANG: a web-based intelligent tutoring system implementing advanced education concepts. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, *10*(3), 67-90. https://doi.org/10.4018/jdet.2012070105

Yang, Y., Zhuang, Y., & Pan, Y. (2021). Multiple knowledge representation for big data artificial intelligence: Framework, applications, and case studies. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, *22*(12), 1551-1558. https://doi.org/10.1631/FITEE.2100463

Ye, L., & Yuan, Y. (2022). Using a machine learning approach to explore non-cognitive factors affecting reading, mathematics, and science literacy in China and the United States. *Journal of Baltic Science Education*, *21*(4), 575-593. https://www.scientiasocialis.lt/jbse/?q=node/1201

Yoo, J., & Kim, M. K. (2023). Using natural language processing to analyze elementary teachers' mathematical pedagogical content knowledge in online community of practice. *Contemporary Educational Technology*, *15*(3), ep438. https://doi.org/10.30935/cedtech/13278

Zafari, M., Esmaeily, A., & Sadeghi Niaraki, A. (2021). An overview of the applications of artificial intelligence and virtual reality in education. *Educational Measurement and Evaluation Studies*, *11*(36), 89-116. https://jresearch.sanjesh.org/article_251559.html [In Persian]

Zhou, C. (2023). Integration of modern technologies in higher education on the example of artificial intelligence use. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 3893-3910. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-022-11309-9