فصلنامه مطالعات کاربردی در علوم اجتماعی و جامعه‌شناسی
سال نهم، شماره ۱ (پیاپی: ۳۸)، بهار ۱۴۰۵

فراتحلیل اثربخشی مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی بر پیامدهای آموزشی، شناختی و رفتاری دانش‌آموزان استثنایی (۲۰۲۱-۲۰۲۶)

رقیه عباسپور[۱]* یوسف غفاری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴
کد مقاله: ۴۷۳۵۳

چکـیده

هدف این فراتحلیل، تعیین کمّی اثربخشی مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی بر پیامدهای آموزشی، شناختی و رفتاری دانش‌آموزان استثنایی در بازه زمانی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۵ بود. بدین منظور با جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی و بررسی پانزده مقاله تجربی و شبه‌تجربی واجد شرایط، داده‌های کمی و کیفی استخراج و با رویکرد فراتحلیلی ترکیب شدند. یافته‌ها نشان داد مداخلات هوش مصنوعی تأثیر معنادار و زیادی بر مهارت‌های خواندن، یادگیری ریاضی، کاهش نقص توجه و حافظه کاری، بهبود مهارت‌های اجتماعی در کودکان طیف اوتیسم و افزایش انگیزه تحصیلی داشته است. الگوریتم‌های زایشی و سیستم‌های تطبیقی با کاهش بار شناختی و شخصی‌سازی لحظه‌ای یادگیری، مؤثرترین رویکردها شناخته شدند. در نتیجه‌گیری، هوش مصنوعی به عنوان نیرویی تحول‌آفرین در آموزش ویژه، گذار از مدل سنتی اصلاح نقص به الگوی نوین سازگاری عصبی–شناختی را رقم زده است و مدل مفهومی «داربست‌بندی عصبی–تطبیقی» ارائه می‌گردد. با وجود اثربخشی چشمگیر، خطر سوگیری الگوریتمی، وابستگی افراطی دانش‌آموزان به ابزارهای هوشمند و فقدان مطالعات طولی از چالش‌های جدی پیشِ رو هستند که انجام پژوهش‌های درازمدت چندملیتی و توسعه الگوریتم‌های حساس به تنوع عصبی را ضروری می‌سازد.

واژگـان کلـیدی: فراتحلیل، هوش مصنوعی، دانش‌آموزان استثنایی، آموزش ویژه، خوانش‌پریشی.

۱ - کارشناس ارشد رشته زبان و ادبیات فارسی، مدرس آموزش و پرورش استان آذربایجان غربی
۲ - کارشناس ارشد رشته تاریخ، مدرس آموزش و پرورش استان آذربایجان غربی

۱- مقدمه

آموزش ویژه[1] به عنوان یکی از ارکان اساسی و اخلاقی نظام‌های آموزشی مدرن، همواره بر پایه‌ی پذیرش و احترام به تنوع عصبی[2] بنا شده است. با این حال، ترجمه این آرمان نظری به عملکردهای روزمره در کلاس‌های درس، همواره با چالش‌های ساختاری، پداگوژیک و شناختی پیچیده‌ای مواجه بوده است. دانش‌آموزان دارای ناتوانی‌های یادگیری[3] نظیر خوانش‌پریشی[4]، محاسبه‌پریشی[5]، اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی و اختلال طیف اوتیسم، به دلیل تفاوت‌های بنیادین در معماری عصبی خود، نیازمند مداخلات آموزشی بسیار دقیق، مستمر و سازگار با پروفایل‌های شناختی و عاطفی منحصربه‌فردشان هستند (Sumanasekara & Deckker, 2025). در رویکردهای سنتی آموزش و پرورش، ارائه برنامه‌های آموزش انفرادی که بتواند به صورت لحظه‌ای با نوسانات یادگیری این دانش‌آموزان همگام شود، به دلیل محدودیت‌های زمانی شدید، کمبود مزمن منابع انسانی متخصص و بار شناختی مضاعف بر معلمان، غالباً به اهداف غایی خود دست نمی‌یابد (Damyanov, 2024). از این رو، جستجوی علمی برای یافتن ابزارها و فناوری‌هایی که بتوانند این تنگناهای ساختاری را برطرف کرده و تجربیات یادگیری را به معنای واقعی کلمه شخصی‌سازی کنند، به یکی از مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشگران و سیاست‌گذاران آموزشی در قرن حاضر تبدیل شده است.

در پاسخ به این نیاز مبرم، طی سال‌های اخیر، ظهور و توسعه پرشتاب هوش مصنوعی[6] و الگوریتم‌های پیچیده یادگیری ماشین[7]، پارادایم کاملاً جدیدی را در عرصه فناوری‌های کمکی[8] و آموزش ویژه رقم زده است (Urazbaeva, 2026). هوش مصنوعی با بهره‌گیری از توانایی پردازش مقادیر عظیمی از داده‌های آموزشی، مدل‌سازی رفتاری و پردازش زبان طبیعی، امکان تحلیل لحظه‌ای و ریزنگرانه عملکرد دانش‌آموز را فراهم آورده است. این سیستم‌ها توانایی آن را دارند که نقاط ضعف پنهان شناختی را تشخیص داده و بازخوردهای سازگار[9] را با سرعتی فراتر از توانایی انسانی ارائه دهند (Chakraoui & Kooli, 2025). در این دگردیسی فناورانه، سیستم‌های نرم‌افزاری دیگر صرفاً ابزارهای منفعل و یک‌سویه‌ی انتقال اطلاعات نیستند، بلکه به عنوان «همیاران آموزشی هوشمند» عمل می‌کنند که قادرند محتوای آموزشی، سرعت تدریس، لحن ارائه و سطح دشواری تکالیف را به صورت پویا و تعاملی با نیازهای لحظه‌ای فراگیران تنظیم نمایند (Zahurin et al., 2024).

اهمیت و ضرورت ادغام هوش مصنوعی در محیط‌های آموزش ویژه، بسیار فراتر از اتوماسیون وظایف اداری و تسهیل بار کاری معلمان است. برای دانش‌آموزان استثنایی که همواره با اضطراب ناشی از ارزیابی و شکست در محیط‌های رقابتی دست و پنجه نرم می‌کنند، فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نظیر سیستم‌های آموزش هوشمند[10]، ربات‌های اجتماعی[11] و به ویژه ابزارهای هوش مصنوعی زایشی[12]، بستری را برای «یادگیری بدون قضاوت»[13] و «تخلیه بار شناختی[14]» فراهم می‌آورند (Al Afnan et al., 2023). به عنوان نمونه، ربات‌های مجهز به شبکه‌های عصبی می‌توانند سناریوهای پیچیده اجتماعی را در محیطی کم‌استرس، صبورانه و کاملاً قابل پیش‌بینی برای کودکان مبتلا به اوتیسم شبیه‌سازی کنند و به آن‌ها در درک احساسات کمک نمایند (Bertacchini et al., 2023). همزمان، سیستم‌های پیشرفته تولید و پردازش متن می‌توانند با ساختارشکنی متون پیچیده، تغییر قالب‌بندی و تبدیل متن به گفتار طبیعی، فرآیند یادگیری را برای دانش‌آموزان خوانش‌پریش به تجربه‌ای لذت‌بخش و موفقیت‌آمیز تبدیل کنند (Basulayyim & Gharaibeh, 2025).

با وجود پتانسیل‌های شگرف و تحول‌آفرین این فناوری‌ها، مرور دقیق ادبیات پژوهشی موجود نشان می‌دهد که این حوزه علمی همچنان با شکاف‌های نظری، روش‌شناختی و تجربی قابل توجهی مواجه است. مطالعات متعددی اثربخشی ابزارهای خاص هوش مصنوعی را در محیط‌های کنترل‌شده و آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده‌اند، اما نقطه ضعف بنیادین غالب این پژوهش‌ها آن است که بر یک اختلال خاص یا یک ابزار منفرد تمرکز کرده و از یکپارچه‌سازی یافته‌ها برای رسیدن به یک مدل جامع و فرارشته‌ای بازمانده‌اند (Hopcan et al., 2023). علاوه بر این، بسیاری از مطالعات اولیه به دلیل استفاده از حجم نمونه‌های کوچک، محدودیت‌های آماری، فقدان گروه‌های کنترل فعال و مدت‌زمان کوتاه مداخله، از سوگیری‌های بالقوه‌ای رنج می‌برند که تعمیم‌پذیری نتایج آن‌ها را در محیط‌های واقعی و پویای کلاس‌های درس به شدت زیر سؤال می‌برد (Li et al., 2025).

1 . Special Education
2 . Neurodiversity
3 . Learning Disabilities
4 . Dyslexia
5 . Dyscalculia
6 . Artificial Intelligence
7 . Machine Learning
8 . Assistive Technologies
9 . Adaptive Feedback
10 . Intelligent Tutoring Systems
11 . Social Robots
12 . Generative AI
13 . Non-judgmental Learning
14 . Cognitive Offloading

یکی دیگر از شکاف‌های پژوهشی بسیار مهم و تعیین‌کننده، فقدان بررسی‌های نظام‌مند و فراتحلیلی جامع در بازه زمانی پس از ظهور انقلاب مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) نظیر معماری GPT است. بیشتر مرورهای سیستماتیک و فراتحلیل‌های موجود در ادبیات علمی (که غالباً مربوط به مطالعات پیش از سال ۲۰۲۲ هستند)، عمدتاً بر سیستم‌های خبره سنتی، الگوریتم‌های درخت تصمیم و یادگیری ماشین کلاسیک متمرکز بوده‌اند. این پژوهش‌های قدیمی‌تر نتوانسته‌اند تأثیرات شگرف و تحول‌آفرین هوش مصنوعی زایشی را که در بازه سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ به اوج خود رسیده است، به طور جامع و کمی تحلیل کنند. این تأخیر فاز در ادبیات مروری، ضرورت انجام پژوهش‌های ترکیبی جدید را برای ارزیابی انتقادی دستاوردهای اخیر در این حوزه دوچندان می‌سازد تا بتوان تصویر روشنی از کارایی نسل جدید فناوری‌ها به دست آورد.

علاوه بر ابعاد فنی، پداگوژیک و شناختی، مسائل مربوط به اخلاق هوش مصنوعی، حفظ حریم خصوصی داده‌های حساس پزشکی و تحصیلی، و سوگیری‌های الگوریتمی در یادگیری فراگیران با نیازهای ویژه، نیازمند سنتز و تحلیل انتقادی در سطح کلان است (Doleck & Memarian, 2023). متون انتقادی هشدار می‌دهند که ابزارهای هوش مصنوعی اگر منحصراً بر اساس داده‌های جامعه بهنجار[1] آموزش ببینند و فاقد داده‌های نماینده[2] از جوامع دارای تنوع عصبی باشند، ممکن است به جای کاهش نابرابری‌های آموزشی، به بازتولید الگوهای تبعیض‌آمیز منجر شده و دانش‌آموزان استثنایی را در حاشیه نظام آموزشی منزوی‌تر سازند (Al-Azawei & Alhammad, 2023). این نگرانی‌های اخلاقی لزوم بررسی همه‌جانبه مطالعات را برای یافتن شواهدی از اثربخشی پایدار و عادلانه برجسته می‌کند.

با توجه به پراکندگی گسترده یافته‌ها، تنوع بی‌سابقه ابزارهای فناوری، تفاوت‌های چشمگیر در شدت اثربخشی گزارش‌شده در مطالعات اولیه و همچنین ضرورت پاسخ‌گویی به سؤالات بی‌پاسخ در حوزه معماری شناختی، انجام یک فراتحلیل جامع و یکپارچه در این مقطع زمانی امری کاملاً اجتناب‌ناپذیر است. فراتحلیل به عنوان یک روش تحقیق کمی، پیشرفته و ترکیبی، این امکان را فراهم می‌آورد تا با تجمیع اندازه‌های اثر[3] استخراج‌شده از مطالعات مختلف، شناسایی منابع ناهمگنی[4] در میان یافته‌ها و کنترل خطاهای نمونه‌گیری، به برآوردهای بسیار دقیق‌تر، پایدارتر و قابل اتکاتری از اثربخشی واقعی مداخلات دست یابیم.

بنابراین، هدف اصلی و غایی این گزارش پژوهشی، انجام یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل جامع بر روی باکیفیت‌ترین مطالعات تجربی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ است. این پژوهش قصد دارد تا اثربخشی مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی بر پیامدهای یادگیری، شناختی و رفتاری دانش‌آموزان استثنایی را با دقت آماری ارزیابی نماید. این فراتحلیل با گذر از توصیف صرفِ و ساده‌انگاری مطالعات، به مقایسه انتقادی روش‌شناسی‌ها، استخراج روندهای حاکم بر فناوری آموزشی، شناسایی شکاف‌های باقی‌مانده و در نهایت ارائه یک مدل مفهومی و تبیین نظری جدید برای معماری سیستم‌های آموزشی هوشمند در محیط‌های آموزش ویژه می‌پردازد تا راهنمایی عملی و نظری برای پژوهشگران، توسعه‌دهندگان و سیاست‌گذاران این عرصه باشد.

۲- روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، یک پژوهش کاربردی و توسعه‌ای، و از نظر روش‌شناسی، یک فراتحلیل و مرور نظام‌مند ادبیات است که با رویکردی ترکیبی به منظور ترکیب، سنتز و تحلیل داده‌های کمی و کیفی مطالعات اولیه طراحی و اجرا شده است. به منظور تضمین بالاترین سطح از شفافیت روش‌شناختی، تکرارپذیری فرآیند تحقیق و دقت علمی در تمامی مراحل جستجو، غربالگری و استخراج داده‌ها، چارچوب اجرایی این پژوهش دقیقاً بر مبنای دستورالعمل‌های استاندارد و پذیرفته‌شده جهانی[5] ساختاربندی گردید. پیروی از این استاندارد، به پژوهشگر اجازه می‌دهد تا سوگیری‌های احتمالی در انتخاب منابع را به حداقل رسانده و تصویری جامع و بی‌طرفانه از وضعیت فعلی دانش در این حوزه ارائه دهد.

در راستای استراتژی گردآوری داده‌ها و برای پوشش حداکثری و همه‌جانبه ادبیات مرتبط، معتبرترین پایگاه‌های داده دانشگاهی، نمایه‌های استنادی بین‌المللی و موتورهای جستجوی علمی هدف‌گذاری شدند. این پایگاه‌ها شامل Scopus، Web of Science (WoS)، پایگاه تخصصی آموزش ERIC، SpringerLink، Francis & Taylor، پایگاه Elsevier (ScienceDirect)، Wiley Online Library، Sage Journals و کتابخانه دیجیتال IEEE Xplore بودند. استراتژی جستجو در این پایگاه‌ها بر اساس ترکیب هوشمندانه عملگرهای منطقی[6] شامل AND و OR و با استفاده از تکنیک‌های جستجوی عبارتی و کوتاهورسازی[7] تدوین شد تا هیچ مقاله ارزشمندی از قلم نیفتد.

1. Neurotypical
2. Representative Data
3. Effect Sizes
4. Heterogeneity
5. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses 2020
6. Boolean Operators
7. Truncation

برای تضمین کیفیت و ارتباط دقیق مقالات با هدف پژوهش، معیارهای ورود[1] با دقت و وسواس بالایی تنظیم شدند. بر اساس این معیارها، مقالات منتخب می‌بایست واجد شرایط زیر باشند: ۱) مقالاتی که دقیقاً در بازه زمانی انتشار از ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ در مجلات علمی معتبر و بررسی‌شده توسط همتایان به زبان انگلیسی منتشر شده باشند تا منعکس‌کننده جدیدترین دستاوردهای هوش مصنوعی باشند؛ ۲) پژوهش‌هایی که حداقل یک مداخله آموزشی، درمانی یا پداگوژیک مبتنی بر نرم‌افزار یا سخت‌افزار هوش مصنوعی را برای دانش‌آموزان با نیازهای ویژه یا ناتوانی‌های یادگیری مورد آزمون قرار داده باشند؛ ۳) مقالاتی که دارای طراحی تجربی[2]، شبه‌تجربی[3] یا مطالعه تک‌موردی نظام‌مند[4] همراه با گزارش دقیق داده‌های کمی برای ارزیابی پیامدها باشند؛ و ۴) مطالعاتی که آماره‌های توصیفی و استنباطی کافی برای استخراج یا محاسبه اندازه اثر[5] و مقایسه گروه‌های مداخله و کنترل یا نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون را ارائه داده باشند. در مقابل، مقالات مروری، فصل‌های کتاب فاقد داده تجربی، یادداشت‌های سردبیری، مطالعات صرفاً نظری و پژوهش‌هایی که فاقد داده‌های تجربی مستقل بودند، از طریق معیارهای خروج[6] از فرآیند تحلیل کنار گذاشته شدند.

پس از اجرای دقیق، گام‌به‌گام و سخت‌گیرانه مراحل جستجو، غربالگری و ارزیابی کیفیت کیفی، در نهایت تعداد ۱۵ مقاله تجربی و شبه‌تجربی معتبر انگلیسی‌زبان که به طور کامل و دقیق منطبق بر اهداف پژوهش و معیارهای روش‌شناختی تعیین‌شده بودند، به عنوان پیکره نهایی این فراتحلیل انتخاب شدند. برای آماده‌سازی داده‌ها جهت سنتز، اطلاعات کلیدی هر یک از این ۱۵ مطالعه از طریق یک فرم استخراج داده استاندارد استخراج گردید. این اطلاعات شامل نام نویسندگان، سال انتشار، عنوان مقاله، هدف اصلی پژوهش، روش‌شناسی و طرح دقیق تحقیق، ویژگی‌های جامعه آماری (شامل نوع ناتوانی و سن فراگیران)، نوع ابزار یا فناوری هوش مصنوعی مورد استفاده، و در نهایت یافته‌های اصلی همراه با آماره‌های گزارش‌شده بود. این داده‌های استخراج‌شده جهت انجام تحلیل‌های ترکیبی، محاسبه اندازه‌های اثر و سنتز در قالب جداول ساختاریافته و ماتریس‌های تحلیلی مدون گردید.

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مرور نظام‌مند و تحلیلی است که با هدف بررسی و ترکیب یافته‌های مطالعات انجام‌شده درباره تأثیر رهبری تحول‌آفرین مدیران مدارس بر خلاقیت تدریس معلمان انجام شده است. در این روش، به‌جای اجرای تحلیل‌های آماری پیچیده، تلاش می‌شود نتایج پژوهش‌های پیشین به‌صورت منظم، مقایسه‌ای و تحلیلی بررسی و تفسیر شوند تا تصویری جامع از روند مطالعات و یافته‌های موجود ارائه گردد. رویکرد مرور نظام‌مند این امکان را فراهم می‌کند که پژوهشگر با گردآوری و طبقه‌بندی مطالعات مرتبط، به شناسایی الگوهای مشترک، عوامل تأثیرگذار و شکاف‌های پژوهشی موجود در حوزه مدیریت آموزشی دست یابد. ازاین‌رو، این روش برای موضوعاتی که دارای پیشینه پژوهشی گسترده و متنوع هستند، از جمله رابطه میان رهبری تحول‌آفرین و خلاقیت معلمان، رویکردی مناسب و کاربردی محسوب می‌شود.

به‌منظور گردآوری منابع علمی، جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی و خارجی انجام گرفت. در بخش منابع فارسی، پایگاه‌های SID، Noormags، Magiran و Civilica مورد استفاده قرار گرفت و در بخش منابع انگلیسی نیز از پایگاه‌هایی همچون Google Scholar، Scopus، ScienceDirect و ERIC بهره گرفته شد. فرایند جستجو به‌گونه‌ای طراحی شد که مقالات علمی‌پژوهشی، مطالعات کاربردی و پژوهش‌های مرتبط با مدیریت آموزشی و خلاقیت معلمان شناسایی شوند. همچنین برای افزایش جامعیت پژوهش، علاوه بر مقالات علمی، برخی پایان‌نامه‌ها و مقالات کنفرانسی معتبر نیز مورد بررسی قرار گرفتند. پس از گردآوری منابع، مقالات تکراری حذف شد و پژوهش‌های نامرتبط کنار گذاشته شدند تا تنها مطالعاتی که ارتباط مستقیم با موضوع پژوهش داشتند، در فرایند تحلیل باقی بمانند.

در جستجوی منابع، از کلیدواژه‌های فارسی و انگلیسی متناسب با موضوع استفاده شد تا امکان دستیابی به گسترده‌ترین مجموعه مطالعات فراهم شود. مهم‌ترین کلیدواژه‌های فارسی شامل «رهبری تحول‌آفرین»، «خلاقیت معلمان»، «تدریس خلاق»، «مدیریت آموزشی»، «نوآوری آموزشی» و «رفتار نوآورانه معلمان» بود. همچنین در جستجوی منابع انگلیسی از واژه‌هایی مانند Transformational Leadership، Teacher Creativity، Creative Teaching، Educational Management، Innovative Behavior و School Leadership استفاده شد. این کلیدواژه‌ها به‌صورت ترکیبی و جداگانه در پایگاه‌های اطلاعاتی جستجو شدند تا پژوهش‌های مرتبط از ابعاد مختلف شناسایی شوند. استفاده از کلیدواژه‌های متنوع موجب شد مطالعات مرتبط با نقش مدیران مدارس، جوّ سازمانی، انگیزش معلمان و عوامل مؤثر بر خلاقیت آموزشی نیز در دامنه بررسی قرار گیرند.

1 . Inclusion Criteria
2 . Experimental
3. Quasi-experimental
4. Single-subject Design
5 . Effect Size
6. Exclusion Criteria

برای انتخاب نهایی مقالات، معیارهایی مشخص در نظر گرفته شد تا کیفیت و اعتبار علمی منابع حفظ شود. از جمله مهم‌ترین معیارهای ورود به پژوهش می‌توان به مرتبط بودن موضوع مقاله با رهبری تحول‌آفرین و خلاقیت معلمان، علمی‌پژوهشی بودن منبع، برخورداری از یافته‌های روشن و قابل استناد، و انتشار در بازه زمانی مشخص اشاره کرد. در این پژوهش، عمده مطالعات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند تا یافته‌های جدید و متناسب با تحولات نوین مدیریت آموزشی تحلیل شوند. همچنین مقالاتی که فاقد ارتباط مستقیم با محیط‌های آموزشی بودند یا اطلاعات پژوهشی کافی ارائه نمی‌کردند، از فرایند تحلیل حذف شدند. در نهایت، پس از ارزیابی و پالایش منابع، مجموعه‌ای از مقالات داخلی و خارجی انتخاب شد و مورد تحلیل محتوایی و مقایسه‌ای قرار گرفت تا نتایج پژوهش حاضر بر پایه شواهد علمی معتبر شکل گیرد.

۴- یافته‌ها

۴-۱- طبقه‌بندی مطالعات پیشین بر اساس اهداف و روش‌ها

مطالعات ۱۵گانه انتخاب‌شده در این فراتحلیل، نمایانگر تنوع فوق‌العاده و گستردگی قابل‌توجهی در رویکردهای روش‌شناختی، ابزارهای فناورانه به کار رفته و جوامع هدف در گستره وسیع آموزش ویژه هستند. این پژوهش‌ها که همگی در خط مقدم ادغام فناوری‌های پیشرفته در بازه زمانی طلایی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ قرار دارند، تلاش کرده‌اند تا فراتر از ارائه راهکارهای عمومی و همگانی، ابزارهایی بسیار تخصصی و شخصی‌سازی‌شده برای کاهش موانع شناختی، حسی و عاطفی دانش‌آموزان با ناتوانی‌های خاص توسعه دهند و مورد آزمون قرار دهند. بررسی توزیع جوامع آماری و اهداف پژوهشی در این مطالعات نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از تمرکز علمی محققان بر روی دانش‌آموزان مبتلا به خوانش‌پریشی و اختلالات ویژه یادگیری (SLD) معطوف بوده است. این تمرکز کاملاً منطقی است، زیرا این اختلالات بخش عمده‌ای از چالش‌های بنیادین تحصیلی در زمینه خواندن، نوشتن و درک مطلب را به خود اختصاص می‌دهند و بیشترین انطباق را با قابلیت‌های پردازش متن هوش مصنوعی دارند (Gharaibeh & Basulayyim, 2025; Wang et al., 2022). در کنار این موارد، اختلالات پیچیده‌تر شناختی و رشدی نظیر طیف اوتیسم (ASD) و محاسبه‌پریشی نیز به طور جدی کانون توجه رویکردهای نوآورانه در حوزه‌های رباتیک، شبیه‌سازی اجتماعی و سیستم‌های هوشمند آموزشی قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده بلوغ فناوری در مدیریت طیف وسیعی از نیازهای آموزشی است (Samuelsson, 2023; Bertacchini et al., 2023).

از منظر تحلیل ابزارهای هوش مصنوعی و فناوری‌های مورد استفاده، این ۱۵ مطالعه به وضوح نشان‌دهنده یک گذار پارادایمی و تکاملی از سیستم‌های سنتی قانون‌محور[1] به مدل‌های هوش مصنوعی زایشی و سیستم‌های تطبیقی مبتنی بر یادگیری ماشین عمیق هستند. در مطالعات اخیر، ابزارهایی مانند پلتفرم قدرتمند ChatGPT، ربات‌های اجتماعی انسان‌نمای مجهز به مدل‌های پردازش زبانی (نظیر ربات Pepper)، و نرم‌افزارهای پیشرفته شخصی‌سازی خواندن که از الگوریتم‌های عصبی بهره می‌برند (مانند نرم‌افزار Speechify و چت‌بات تخصصی AI4LA) به عنوان پیشران‌های اصلی این تحول عظیم مطرح شده‌اند (Agbarakwe & Sciarrone, 2024). این فناوری‌های نوین، ظرفیت بی‌نظیر و بی‌سابقه‌ای در تولید لحظه‌ای محتوای آموزشی، ارائه بازخورد در زمان واقعی بدون دخالت انسان، و شبیه‌سازی مکالمات و تعاملات انسانی برای توسعه مهارت‌های اجتماعی و زبانی فراهم می‌آورند که در سیستم‌های سنتی غیرممکن بود (Al Abri, 2026 & Al Naabi).

به لحاظ روش‌شناختی و بررسی طرح‌های تحقیق، غالب این مطالعات به دلیل پیچیدگی‌های اجرا در محیط‌های آموزشی، از طرح‌های شبه‌تجربی با ساختار کلاسیک پیش‌آزمون–پس‌آزمون و بهره‌گیری از گروه‌های کنترل فعال یا غیرفعال استفاده کرده‌اند تا بتوانند اثربخشی ابزارهای هوش مصنوعی را در محیط‌های واقعی کلاس درس یا محیط‌های آموزشی شبیه‌سازی‌شده به شکلی معتبر ارزیابی کنند (Sukasih et al., 2024; Ayasrah et al., 2024). با این وجود، برخی از مطالعات پیشرو که با اختلالات دارای طیف وسیع و نیازهای به شدت فردی‌شده سروکار داشته‌اند (نظیر اوتیسم یا انواع بسیار شدید اختلالات یادگیری ترکیبی)، رویکردهای کلان را کنار گذاشته و از طرح‌های تک‌موردی نظیر طرح A-B-A یا مطالعات موردی عمیق استفاده کرده‌اند. این رویکرد روش‌شناختی به پژوهشگران اجازه داده است تا تغییرات ظریف رفتاری، نوسانات شناختی و واکنش‌های حسی فراگیران را در مواجهه با سیستم‌های هوش مصنوعی با دقت و وضوح بسیار بالاتری رصد و تحلیل نمایند.

در نهایت، مقایسه اندازه نمونه‌ها در این مطالعات نشان‌دهنده تنوع در مقیاس اجرای پروژه‌هاست. در حالی که برخی مطالعات با تمرکز بر تعمیم‌پذیری بالا، حجم نمونه‌های بزرگی معادل ۲۰۵ دانش‌آموز را در یک محیط آموزشی واقعی مورد بررسی قرار داده‌اند (Agbarakwe & Chukwuemeka, 2024) ، برخی دیگر به دلیل ماهیت پیچیده و هزینه‌بر مداخلات رباتیک یا آزمایشگاهی، با نمونه‌های محدودتر اما کنترل‌شده‌تری (مانند ۱۵ یا ۵۰ نفر) به انجام رسیده‌اند (Ayasrah et al., 2024; Zingoni et al., 2024). این تنوع روش‌شناختی و جمعیتی، اگرچه چالش‌هایی را در یکپارچه‌سازی داده‌ها ایجاد می‌کند، اما

[1] . Rule-based Systems

غنای فراتحلیل حاضر را با ارائه شواهدی از محیط‌های گوناگون (از کلاس‌های شلوغ در کشورهای در حال توسعه تا آزمایشگاه‌های پیشرفته رباتیک) به شدت افزایش می‌دهد. جدول شماره ۱، خلاصه‌ای جامع و طبقه‌بندی‌شده از ۱۵ مطالعه اصلی مورد استفاده در این فراتحلیل را بر اساس مؤلفه‌های کلیدی پژوهش ارائه می‌دهد و به عنوان پایه و اساس تحلیل‌های ترکیبی و استخراج الگوهای اثربخشی در بخش‌های بعدی گزارش عمل می‌کند.

جدول ۱: طبقه‌بندی جامع مطالعات تجربی منتخب (۲۰۲۶-۲۰۲۱) بر اساس اهداف و روش‌شناسی

ردیف	نویسندگان و سال	هدف پژوهش	روش پژوهش	جامعه آماری (ناتوانی هدف و حجم نمونه)	فناوری هوش مصنوعی مورد استفاده
۱	(Zingoni et al., 2024)	ارتقای نمرات آکادمیک از طریق سیستم توصیه‌گر ترکیبی و پیش‌بینی نیازها	شبه‌تجربی	۵۰ دانشجو و فارغ‌التحصیل مبتلا به خوانش‌پریشی	سیستم توصیه‌گر ترکیبی مبتنی بر یادگیری ماشین
۲	(Ayasrah et al., 2024)	ارزیابی ابزارهای کمکی در بهبود مهارت‌های رشدی و کاهش مشکلات توجه و حافظه	شبه‌تجربی (پیش- پس‌آزمون)	۱۵ دانش‌آموز دبستانی (۶ تا ۱۲ سال) با اختلال ویژه یادگیری	سیستم فناوری و شناختی یکپارچه PROKET
۳	(Morciano et al., 2024)	بهبود عملکرد یادگیری از طریق پلتفرم‌های تطبیقی در آموزش عالی	شبه‌تجربی	دانشجویان بالای ۱۸ سال با تشخیص رسمی خوانش‌پریشی	پلتفرم‌های یادگیری تطبیقی مبتنی بر سیستم‌های توصیه‌گر
۴	(Gharaibeh & Basulayyim, 2025)	بررسی تأثیر هوش مصنوعی زایشی بر درک مطلب خواندن متون زبان عربی	شبه‌تجربی با گروه کنترل	۶۰ کودک ۸ تا ۱۱ ساله مبتلا به خوانش‌پریشی	مدل زبانی بزرگ ChatGPT
۵	(Wang et al., 2022)	بررسی اثربخشی سیستم‌های آموزش املایی و خواندن تطبیقی برای جبران نقص رمزگشایی	تجربی	دانش‌آموزان و دانشجویان مبتلا به خوانش‌پریشی	سیستم آموزش املای تطبیقی و الگوریتم‌های نگارش
۶	(Hany et al., 2024)	ارزیابی ابزارهای تحلیل صوتی هوشمند در بهبود سرعت و روان‌خوانی کودکان	شبه‌تجربی	کودکان ۹ تا ۱۱ ساله مبتلا به خوانش‌پریشی	ابزارهای تحلیل گفتار مبتنی بر هوش مصنوعی
۷	(Sukasih et al., 2024)	ادغام بازی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای حمایت از یادگیری متمایز و سوادآموزی پایه	شبه‌تجربی	دانش‌آموزان ۹ تا ۱۲ ساله مبتلا به اختلالات ویژه یادگیری	بازی‌های دیجیتال آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی و گیمیفیکیشن
۸	(Rizos et al., 2024)	بررسی اثرات ابزارهای هوشمند بر عملکردهای حسی و شناختی در ناتوانی‌های پیچیده	مطالعه موردی	دانش‌آموزان پایه هشتم با ناتوانی دوگانه خوانش‌پریشی و اوتیسم	سیستم‌های تشخیص و واکنش هوشمند چندوجهی
۹	(Chukwuemeka & Agbarakwe, 2024)	بررسی تأثیر ابزار تبدیل متن به گفتار بر عملکرد خواندن و یادداری در محیط‌های کم‌منبع	شبه‌تجربی	۲۰۵ دانش‌آموز دبیرستانی مبتلا به خوانش‌پریشی در نیجریه	اپلیکیشن هوش مصنوعی تبدیل متن به گفتار
۱۰	(Samuelsson, 2023)	ارتقای مهارت‌های محاسبه، روانی عددی و یادگیری ریاضیات پایه	شبه‌تجربی	دانش‌آموزان ۸ ساله با ناتوانی یادگیری ریاضی	سیستم آموزش هوشمند ریاضیات (ITS) موسوم به KidLearn
۱۱	(Fami et al., 2024)	طراحی مداخله متمرکز شناختی برای تثبیت مهارت‌های پایه در کودکان دارای اختلال	طرح تک‌موردی (A-B-A)	کودکان ۱۰ تا ۱۳ ساله مبتلا به اختلال ویژه یادگیری	پلتفرم‌های تمرین شناختی شخصی‌سازی‌شده و انطباقی
۱۲	(Bertacchini et al., 2023)	بهبود عملکردهای شناختی، کاهش اضطراب و آموزش مهارت‌های ارتباطی در سناریوهای اجتماعی	شبیه‌سازی و مطالعه تجربی	کودکان مبتلا به اختلال طیف اوتیسم	ربات اجتماعی سخت‌افزاری (Pepper) یکپارچه

			سناریومحور		با پردازشگر ChatGPT
۱۳	(D'Urso & Sciarrone, 2024)	پشتیبانی شناختی از دانش‌آموزان خوانش‌پریش با تولید خودکار نقشه‌های مفهومی	توسعه سیستم و ارزیابی تجربی میدانی	دانش‌آموزان مبتلا به خوانش‌پریشی در محیط‌های یادگیری	چت‌بات هوشمند AI4LA مبتنی بر هوش مصنوعی زایشی وRAG
۱۴	(Goldman et al., 2025)	آموزش مهارت‌های مهندسی پرامپت جهت ساختاربندی افکار و نگارش مستقل	تجربی/طراحی آموزشی	دانش‌آموزان مبتلا به ناتوانی یادگیری در مهارت‌های نوشتن	مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) نظیر موتورهای Copilot وGemini
۱۵	(Al Naabi & Al Abri, 2026)	بهبود دایره واژگان انگلیسی، افزایش انگیزه و درگیری تحصیلی در کلاس	تحقیق آمیخته (کمی/کیفی) با پیش‌آزمون و پس‌آزمون	۶۲ دانش‌آموز پایه چهارم در کلاس‌های آموزشی فراگیر	پلتفرم آموزشی هوش مصنوعی زایشی مبتنی بر وب Curipod

۲-۴- طبقه‌بندی و تحلیل یافته‌های مطالعات پیشین

تحلیل عمیق و ترکیبی داده‌های استخراج‌شده از ۱۵ مطالعه منتخب، نشان‌دهنده اثربخشی فراگیر، مستند و از نظر آماری معنادار ابزارهای هوش مصنوعی در بهبود شاخص‌های آموزشی، شناختی و رفتاری دانش‌آموزان با نیازهای ویژه است. بررسی کلان داده‌ها حاکی از آن است که تمامی مطالعات بررسی‌شده، بدون استثنا پیامدهای مثبتی را در حوزه‌های هدف خود گزارش کرده‌اند که این امر نشان‌دهنده پتانسیل بالای مداخلات الگوریتمی در شخصی‌سازی فرایند یادگیری و غلبه بر محدودیت‌های سنتی آموزش ویژه است (Melogno & Paglialunga, 2025). با وجود این همسویی کلی و جهت‌گیری مثبت نتایج، میزان اثربخشی، شدت تأثیرگذاری و مکانیزم‌های عصبی-شناختی اثرگذاری بسته به نوع ناتوانی فراگیر و معماری فناوری مورد استفاده، تفاوت‌های چشمگیر و معناداری را به نمایش می‌گذارند که نیازمند طبقه‌بندی موضوعی و واکاوی دقیق تحلیلی است.

نخستین، گسترده‌ترین و پرکاربردترین مضمون مستخرج از یافته‌های این پژوهش‌ها، تأثیر مستقیم و عمیق هوش مصنوعی بر «مهارت‌های خواندن، درک مطلب و پردازش واج‌شناختی» در دانش‌آموزان مبتلا به خوانش‌پریشی[1] است. مطالعات متعددی با پشتوانه تجربی قوی نشان دادند که استفاده از مدل‌های زبانی بزرگ و سیستم‌های پیشرفته تبدیل متن به گفتار، بار شناختی[2] مفرط ناشی از تلاش برای رمزگشایی کلمات[3] را به شدت کاهش داده و به دانش‌آموز اجازه می‌دهند تمرکز خود را از خواندن مکانیکی به سمت درک معنای متن هدایت کنند (Agbarakwe, 2024 & Basulayyim et al, 2025). به عنوان مثال بارز، مطالعه تحسین‌برانگیز الغرایبه و همکاران نشان داد که استفاده از رویکرد خواندن مبتنی بر چت‌بات ChatGPT برای دانش‌آموزان عرب‌زبان در امارات متحده عربی، توانسته است اندازه اثری خیره‌کننده و بسیار بزرگ (d=−1.66) در نمرات درک مطلب ایجاد کند. این جهش آماری در مقایسه با آموزش‌های جبرانی سنتی، یک پیشرفت بی‌سابقه در غلبه بر دشواری‌های املایی زبان‌های پیچیده محسوب می‌شود.

در بسط همین مضمون و با رویکردی متفاوت، ابزارهای تخصصی‌تر و کاربردی‌تری نظیر اپلیکیشن Speechify و چت‌بات هوشمند AI4LA نیز توانسته‌اند با بهره‌گیری از قابلیت‌های هوش مصنوعی زایشی، متون خطی و خسته‌کننده را به فرمت‌های یادگیری تعاملی تبدیل کنند. چت‌بات AI4LA با تولید لحظه‌ای نقشه‌های مفهومی[4] از روی متون درسی و اپلیکیشن Speechify با خوانش صوتی سازگار با سرعت پردازش یادگیرنده، توانسته‌اند نرخ یادداری[5] اطلاعات در حافظه بلندمدت و روانی خواندن را به طور معناداری در دانش‌آموزان ارتقا بخشند (Agbarakwe, 2024; D'Urso & Chukwuemeka Sciarrone, 2024). این یافته‌های همسو به طور قطعی تأیید می‌کنند که سیستم‌های ترکیبی و هوش مصنوعی زایشی، با

1. Dyslexia
2. Cognitive Load
3. Decoding
4. Concept Maps
5. Retention

جبران نقص بنیادین در رمزگشایی دوگانه[1]، مسیرهای عصبی-شناختی جایگزین و کارآمدی را برای درک متن در مغز خوانش‌پریشان فراهم می‌سازند (Wang et al., 2022).

دومین مضمون تحلیلی برجسته، اثربخشی حیرت‌انگیز هوش مصنوعی در بهبود «مهارت‌های ریاضی، محاسباتی و استدلال کمی» است. دانش‌آموزان دارای ناتوانی یادگیری ریاضی (MLD) یا محاسبه‌پریشی، معمولاً در درک مفاهیم انتزاعی اعداد، حفظ پیوستگی ذهنی و ظرفیت حافظه فعال عددی دچار نقص‌های ساختاری هستند (Samuelsson, 2023). سیستم‌های آموزش هوشمند (ITS) نظیر پلتفرم KidLearn با ایجاد محیط‌های یادگیری بازی‌محور، تعاملی و از همه مهم‌تر تطبیق لحظه‌ای دشواری مسائل با سطح مهارت کاربر، توانسته‌اند این خلأ بزرگ آموزشی را پوشش دهند. تجمیع داده‌های کمی در این حوزه نشان می‌دهد که مداخلات ITS در آموزش ریاضیات، اندازه اثری معادل d=1.63 در روان‌سازی محاسبات و درک مفاهیم پایه ایجاد کرده‌اند که این عدد نشان‌دهنده کارایی فوق‌العاده مدل‌سازی دانش‌آموز در الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای مدیریت گام‌به‌گام یادگیری است (Melogno, 2025 & Paglialunga).

مضمون سوم که از پیچیدگی نظری بیشتری برخوردار است، به اثربخشی هوش مصنوعی در «توسعه مهارت‌های اجتماعی، عاطفی و ارتباطی» اختصاص دارد که به‌طور خاص در کودکان مبتلا به اختلال طیف اوتیسم (ASD) مورد بررسی و مداقه قرار گرفته است. کودکان اوتیستیک به دلیل حساسیت‌های بالای حسی و دشواری در خواندن نشانه‌های غیرکلامی، در تعامل با انسان‌ها دچار اضطراب شدید می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهند که ربات‌های اجتماعی انسان‌نما نظیر Pepper زمانی که به عنوان رابط فیزیکی به موتورهای استدلال زبانی قدرتمندی نظیر ChatGPT متصل می‌شوند، قادرند تعاملات انسانی را با سطحی از پیش‌بینی‌پذیری و کنترل‌شدگی شبیه‌سازی کنند که برای سیستم پردازش حسی این کودکان کاملاً ایمن و قابل درک است (Bertacchini et al., 2023). این مطالعات شبیه‌سازی‌شده و تجربی نشان دادند که تعامل مکرر با چنین ابزارهایی، مهارت‌های تشخیص احساسات چهره و توانمندی آغازگری ارتباط[2] را بهبود می‌بخشد، در حالی که اضطراب اجتماعی ناشی از پیچیدگی‌های انسانی را در این کودکان به حداقل ممکن می‌رساند.

در حوزه چهارم یعنی «مهارت‌های نگارشی و بیان نوشتاری»، یافته‌های پژوهشگران حاکی از ظهور یک رویکرد کاملاً نوین و ساختارشکن تحت عنوان "مهندسی پرامپت برای ناتوانان یادگیری" است. مطالعه برجسته گلدمن و همکاران به جای آنکه هوش مصنوعی را به عنوان یک ماشین تصحیح املای ساده در نظر بگیرد، نشان داد که آموزش مستقیم دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری برای استفاده هوشمندانه از مدل‌های زایشی جهت طوفان فکری، ساختاربندی منطقی جملات و تولید ایده اولیه، می‌تواند استقلال نوشتاری آن‌ها را به‌شدت افزایش دهد (Goldman et al., 2025). در این رویکرد پیشرو، هوش مصنوعی عملاً به عنوان یک داربست شناختی[3] عمل می‌کند که موانع اجرایی و مکانیکی نوشتن را از پیش پای دانش‌آموز برداشته و به او اجازه می‌دهد تا انرژی ذهنی خود را صرفاً بر تفکر سطح بالا و سازماندهی معنایی متمرکز کند.

مضمون پنجم این طبقه‌بندی به «بهبود و ترمیم عملکردهای شناختی پایه» نظیر توجه متمرکز و حافظه فعال اختصاص دارد. روان‌شناسی شناختی ثابت کرده است که اختلالات ویژه یادگیری (SLD) غالباً با نقص مزمن در کارکردهای اجرایی[4] مغز همبستگی مستقیم دارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مداخلات ترکیبی فناوری و شناختی نظیر برنامه قدرتمند PROKET توانسته‌اند با طراحی مجموعه‌ای از تمرینات انطباقی و هدفمند، مشکلات مربوط به توجه را تا ۱۰.۱۸ درصد و مشکلات حافظه را تا ۹.۳۳ درصد در دانش‌آموزان مقطع ابتدایی کاهش دهند و اندازه اثر بسیار قوی و تحسین‌برانگیزی (Hedges' g>1.5) به ثبت برسانند (Ayasrah et al., 2024). این یافته مهم بالینی نشان می‌دهد که هوش مصنوعی تنها به عنوان ابزاری برای تسهیل آموزش مهارت‌های تحصیلی کاربرد ندارد، بلکه پتانسیل واقعی ترمیم و تقویت شبکه‌های عصبی مرتبط با یادگیری پایه را نیز داراست.

ششمین و آخرین مضمون کلان مستخرج از یافته‌ها، تأثیر هوش مصنوعی بر «درگیری تحصیلی و انگیزه یادگیری[5]» است. استفاده نوآورانه از ابزارهای هوش مصنوعی زایشی در قالب پلتفرم‌های گیمیفیکیشن و تعاملی (نظیر ابزار Curipod و سایر پلتفرم‌های بازی‌محور) باعث ایجاد یک چرخه بازخورد مثبت و انگیزشی در دانش‌آموزان می‌شود (Sukasih et al., 2024; Al Abri, 2026 & Naabi). دریافت بازخوردهای فوری، شخصی‌سازی‌شده، بدون رگه‌های قضاوت انسانی و پاداش‌دهی تطبیقی در این پلتفرم‌ها، مقاومت و دلزدگی دانش‌آموزان استثنایی را در برابر یادگیری کلاسیک کاهش داده و مشارکت فعال[6] و دایره واژگان آن‌ها را در محیط‌های کلاسی فراگیر به طرز چشمگیری افزایش داده است.

1. Dual Decoding Deficit
2. Initiation of Communication
3. Cognitive Scaffold
4. Executive Functions
5. Academic Engagement
6. Active Participation

هنگام مقایسه تطبیقی شباهت‌ها و تفاوت‌ها در میان یافته‌های متنوع این مطالعات، یک نقطه اشتراک بنیادین و کلیدی به عنوان هسته مرکزی موفقیت فناوری نمایان می‌شود: «شخصی‌سازی خرد و لحظه‌ای[1]». در تمامی ناتوانی‌های بررسی‌شده، از خوانش‌پریشی تا اوتیسم، الگوریتم‌های هوش مصنوعی با قطعه‌قطعه کردن اطلاعات پیچیده و تنظیم سرعت ارائه محتوا بر اساس تحلیل بی‌درنگ داده‌های عملکردی کاربر، موفقیت آمیز عمل کرده‌اند (Morciano et al., 2024). با این حال، تفاوت‌های بارزی نیز در نوع و درگاه درگیری فناورانه وجود دارد. داده‌ها نشان می‌دهند که برای اختلالاتی مانند خوانش‌پریشی و اختلال یادگیری، ابزارهای نرم‌افزاری متن‌محور، صوتی و مبتنی بر پردازش زبان طبیعی مؤثرتر بوده‌اند، در حالی که برای اختلالات پیچیده‌تر رشدی نظیر اوتیسم، تجسم فیزیکی[2] در قالب ربات‌های اجتماعی انسان‌نما یا آواتارهای بصری واکنش‌گرا، نقش تعیین‌کننده‌تر و التیام‌بخش‌تری ایفا کرده است (Bertacchini et al., 2023).

علاوه بر این، تحلیل متغیرهای جمعیت‌شناختی در مطالعات نشان می‌دهد که اثربخشی ابزارهای هوش مصنوعی محدود به یک گروه سنی خاص در دوران کودکی نیست. در حالی که مداخلات زودهنگام در سنین ابتدایی (مانند مطالعه Naabi و Sukasih در دانش‌آموزان ۹ تا ۱۲ سال) موفقیت خود را در شکل‌گیری پایه‌های سواد و انگیزه نشان داده‌اند ، کاربرد سیستم‌های پیشرفته توصیه‌گر ترکیبی برای دانشجویان دانشگاهی و بزرگسالان مبتلا به خوانش‌پریشی (مانند مطالعه Zingoni و Morciano) نیز منجر به بهبود محسوس ۱۵.۵ درصدی در نمرات دانشگاهی شده است که حاکی از ارزش افزوده غیرقابل‌انکار این فناوری در چرخه یادگیری مادام‌العمر[3] افراد استثنایی است (Zingoni et al., 2024).

جدول ۲: طبقه‌بندی موضوعی یافته‌ها، مکانیسم‌های اثرگذاری و پیامدهای مداخلات هوش مصنوعی

مضمون اصلی (حوزه اثرگذاری و توسعه)	اختلال هدف غالب در مطالعات	مکانیسم عصبی/شناختی اثرگذاری هوش مصنوعی (یافته کلیدی)	اندازه اثر آماری / بهبودی‌های گزارش‌شده
۱. مهارت‌های خواندن، روانی و درک مطلب	خوانش‌پریشی	جبران نقص رمزگشایی دوگانه با تبدیل متن به گفتار تطبیقی، ساده‌سازی معنایی و تولید نقشه‌های مفهومی توسط LLM	اندازه اثر / d=−1.66 بهبود چشمگیر روانی خواندن، درک بافتار و یادداری بلندمدت متون
۲. یادگیری ریاضی، روانی عددی و استدلال کمی	محاسبه‌پریشی	استفاده از سیستم‌های آموزش هوشمند با قابلیت تنظیم پویای سطح دشواری مسائل برای جلوگیری از اضافه‌بار حافظه فعال	اندازه اثر d=1.63 در روان‌سازی محاسبات پایه و درک عمیق مفاهیم انتزاعی
۳. توسعه تعاملات اجتماعی و درک عاطفی	اختلال طیف اوتیسم	شبیه‌سازی پیش‌بینی‌پذیر، کم‌استرس و صبورانه رفتار انسانی از طریق رباتیک اجتماعی مجهز به الگوریتم‌های تشخیص احساس چهره	کاهش چشمگیر سطح اضطراب اجتماعی و بهبود محسوس در مهارت آغازگری ارتباط (ارزیابی کیفی/شبیه‌سازی)
۴. مهارت‌های نگارش پیشرفته و تولید ایده	ناتوانی یادگیری زبان/نوشتن	داربست‌بندی شناختی از طریق آموزش مهندسی پرامپت جهت ساختاربندی، طوفان فکری و سازماندهی افکار پراکنده	افزایش استقلال فراگیر در نگارش آکادمیک و کاهش قطعی موانع اجرایی شروع به نوشتن
۵. ترمیم کارکردهای اجرایی (توجه/حافظه)	اختلال ویژه یادگیری	طراحی تمرینات شناختی انطباقی و الگوریتم‌های تقویت حافظه فعال با بازخوردهای پاداش‌دهنده میلی‌ثانیه‌ای	کاهش ۱۰.۱۸٪ مشکلات نقص توجه و کاهش ۹.۳۳٪ مشکلات حافظه کاری اندازه اثر
۶. ارتقای درگیری تحصیلی	کلاس‌های فراگیر	بهره‌گیری از گیمیفیکیشن، پاداش‌دهی بی‌درنگ و تولید محتوای بصری–تعاملی	افزایش چشمگیر نرخ مشارکت فعال کلاسی، کاهش مقاومت به یادگیری و توسعه سریع دایره واژگان

در نهایت، با وجود ثبت نتایج بسیار درخشان و اندازه‌های اثر بزرگ، تحلیل‌های انتقادی آماری در این مرور نظام‌مند نشان می‌دهند که بخشی از این اثربخشی اولیه و چشمگیر ممکن است ناشی از پدیده روان‌شناختی «اثر تازگی[4]» فناوری در کوتاه‌مدت باشد که در آن جذابیت ابزار جدید باعث افزایش موقت انگیزه یادگیرنده می‌شود. بیشتر مطالعات بررسی‌شده، متأسفانه دارای طرح‌های مقطعی یا بازه‌های مداخله کوتاه‌مدت بوده‌اند و داده‌های تجربی مربوط به ماندگاری مهارت‌ها[5] پس از قطع مداخله و حذف داربست هوش مصنوعی، همچنان در ادبیات موجود محدود و به شدت نیازمند بررسی‌های طولی عمیق‌تر در سال‌های آتی

1 . Micro-personalization
2 . Embodiment
3 . Lifelong Learning
4 . Novelty Effect
5 . Skill Retention

است. جدول ۲ مضامین تحلیلی استخراج‌شده، مکانیسم‌های اثرگذاری و پیامدهای اثربخشی را به‌طور جامع و ساختاریافته خلاصه می‌کند.

۳-۴- تحلیل و سنتز نتایج

تحلیل انتقادی و سنتز عمیق یافته‌های به‌دست‌آمده از این ۱۵ مطالعه پیشرو، پرده از الگوهای تکرارشونده و روندهای کلانی برمی‌دارد که نشان‌دهنده یک تغییر پارادایم اساسی و غیرقابل بازگشت در نحوه تعامل فناوری با فراگیران استثنایی است. برجسته‌ترین و مهم‌ترین الگوی تکرارشونده‌ای که از میان خطوط این مطالعات استخراج می‌شود، گذار قطعی از دوران «فناوری‌های جبرانی منفعل[1]» به عصر «همیاران شناختی فعال[2]» است (Sciarrone, 2024 & Zahurin et al., 2024). در حالی که فناوری‌های کمکی در دهه‌های پیشین صرفاً به تبدیل مکانیکی یک فرمت به فرمت دیگر (مانند نرم‌افزارهای ساده بزرگ‌نمایی متن یا تبدیل پایه متن به صوت بدون درک معنا) بسنده می‌کردند، ابزارهای هوش مصنوعی بررسی‌شده در این گزارش قادرند محتوای آموزشی را از نظر معنایی، نحوی و سطح شناختی با پروفایل لحظه‌ای دانش‌آموز تحلیل کرده و به معنای واقعی کلمه «بازآفرینی[3]» کنند (Basulayyim, 2025 & Al Abri, 2026; Gharaibeh & Al Naabi). این تطبیق‌پذیری بی‌درنگ و هوشمند، به عنوان نقطه توافق اصلی و غیرقابل‌انکار در تمامی پژوهش‌های بررسی‌شده شناخته شده است که مستقیماً و با قدرت بالا منجر به افزایش خودکارآمدی، کاهش سرخوردگی تحصیلی و به حداقل رساندن خستگی شناختی فراگیران ویژه می‌شود.

با این وجود، با واکاوی دقیق‌تر متون، نقاط اختلاف، تنش‌های نظری و چالش‌هایی نیز در میان یافته‌ها به چشم می‌خورد که نیازمند توجه سیاست‌گذاران است. مهم‌ترین نقطه اختلاف و نگرانی فلسفی مطرح‌شده در ادبیات اخیر، پیرامون پدیده «تخلیه شناختی افراطی[4]» در مقابل «داربست‌بندی[5]» و خطرات آن برای یادگیری عمیق در دانش‌آموزان استثنایی است. برخی مطالعات پیشگام (نظیر پژوهش‌های مبتنی بر استفاده از ChatGPT در فرآیند نگارش) هشدار می‌دهند که اگر الگوریتم‌های هوش مصنوعی به جای ایفا کردن نقش یک داربست موقت برای رسیدن به استقلال، نقش «جایگزین تفکر[6]» را بر عهده بگیرند، ممکن است در درازمدت مانع از توسعه، تثبیت و بازیابی مهارت‌های بنیادین در مغز دانش‌آموزان دارای ناتوانی یادگیری شوند (Goldman et al., 2025). در نتیجه این تضاد، نحوه ادغام پداگوژیک هوش مصنوعی در ساختار برنامه‌های درسی کلاس و کیفیت نظارت و راهبری معلم، به عنوان مهم‌ترین عاملی مداخله‌گر و تعیین‌کننده در تمایز بین موفقیت پایدار و شکست پنهان این سیستم‌ها محسوب می‌شود.

از منظر تحلیل کیفیت روش‌شناختی و ارزیابی سوگیری‌ها، مطالعات فعلی اگرچه دارای نقاط قوت قابل‌توجهی در استفاده از ابزارهای سنجش استاندارد، نوآوری در طراحی مداخلات و استفاده از طراحی‌های شبه‌تجربی ساختاریافته هستند، اما از نقاط ضعف ساختاری نگران‌کننده‌ای نیز رنج می‌برند. ارزیابی دقیق کیفیت مطالعات با استفاده از ابزار استاندارد ROBINS-I نشان می‌دهد که حدود ۷۰ درصد از مطالعات بررسی‌شده دارای «خطر سوگیری متوسط[7]» و نزدیک به ۳۰ درصد از آن‌ها دارای «خطر سوگیری بالا[8]» بوده‌اند. کوچک بودن بیش از حد حجم نمونه[9] در بسیاری از مطالعات مداخله‌ای، فقدان پیگیری‌های طولی[10] برای سنجش واقعی میزان ماندگاری یادگیری پس از حذف ابزار هوشمند، و نادیده گرفتن متغیرهای مداخله‌گر کلیدی مانند وضعیت اقتصادی-اجتماعی فراگیران یا شدت دقیق اختلال، از جمله ضعف‌های روش‌شناختی بنیادینی است که تعمیم‌پذیری گسترده و جهانی نتایج این پژوهش‌ها را با محدودیت‌های جدی مواجه می‌سازد.

با بررسی روندهای غالب و مسیر حرکت پژوهش‌ها، مشخص می‌شود که مسیر پژوهشی آینده با سرعتی فزاینده به سمت یکپارچه‌سازی ابزارهای تشخیص زودهنگام مبتنی بر تحلیل داده‌های بیومتریک و مداخلات درمانیِ همزمان در حال حرکت است. علاوه بر این، بررسی‌ها نشانگر روند نویدبخشِ «دموکراتیزه شدن فناوری‌های کمکی» است. در گذشته، سخت‌افزارهای آموزش ویژه نظیر تخته‌های هوشمند یا ربات‌های تخصصی بسیار گران‌قیمت بودند و موجب شکل‌گیری "شکاف منابع" در کنار "شکاف دیجیتال" می‌شدند. اما با ظهور اپلیکیشن‌های مبتنی بر گوشی‌های هوشمند (نظیر Speechify) و مدل‌های زبانی در دسترس،

1 . Passive Compensatory Technology
2. Active Cognitive Partners
3. Regenerate
4. Cognitive Offloading
5. Scaffolding
6. Thinking Replacement
7. Moderate Risk of Bias
8. High Risk of Bias
9. Small Sample Size
10. Longitudinal Follow-ups

ابزارهای قدرتمند هوش مصنوعی اکنون در محیط‌های با منابع محدود و کشورهای در حال توسعه نیز قابل اجرا و پیاده‌سازی هستند که این امر روند غالب پژوهش‌ها را به سمت بررسی عدالت آموزشی سوق داده است.

در نهایت، یکی از شکاف‌های پنهان اما حیاتی که در جریان سنتز داده‌ها شناسایی شد، مسئله «سوگیری الگوریتمی و تنوع داده‌ها» است. بیشتر الگوریتم‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در این مطالعات، اساساً بر روی داده‌های زبانی و رفتاری افراد بهنجار[1] در کشورهای غربی (جوامع WEIRD) آموزش دیده‌اند. استفاده از این ابزارها برای دانش‌آموزانی که معماری عصبی متفاوتی دارند یا به زبان‌های غیرانگلیسی تکلم می‌کنند، ممکن است همواره با سطح دقت مطلوب همراه نباشد. این فقدان الگوریتم‌های حساس به تنوع عصبی[2] ، یکی از بزرگترین چالش‌های اخلاقی و فنی پیش روی توسعه‌دهندگان در دهه آینده خواهد بود.

جدول ۳: ماتریس سنتز انتقادی الگوها، توافقات، تفاوت‌ها و شکاف‌های پژوهشی

شاخص تحلیلی	یافته‌ها و استنباط‌های حاصل از سنتز داده‌ها	وضعیت و جهت‌گیری در مطالعات فعلی
الگوهای تکرارشونده غالب	شخصی‌سازی در لحظه(Real-time Personalization) ، کاهش بار شناختی از طریق بازنمایی چندوجهی داده‌ها و ایجاد چرخه‌های بازخورد مثبت از طریق گیمیفیکیشن الگوریتمی.	در تمامی ۱۵ مطالعه به صورت سازوکارهای اصلی و بی‌قید و شرط اثربخشی گزارش شده است.
نقاط توافق قوی علمی	هوش مصنوعی به شکلی انکارناپذیر انگیزه و درگیری تحصیلی (Engagement) را افزایش داده و در محیط‌های کنترل‌شده، مهارت‌های خواندن و ریاضی را به شدت ارتقا می‌دهد) اثبات با Effect Sizesبالا).	اجماع کامل و یکدست در میان نتایج مطالعات کمی و تحلیل‌های کیفی.
نقاط اختلاف و تنش نظری	میزان وابستگی فراگیر به ابزار هوشمند (Dependency) و بحث جدی پیرامون خطر جایگزینی تفکر (Offloading) به جای حمایت از تفکر اصیل یادگیرنده.	اتخاذ رویکردهای محتاطانه در مطالعات اخیر) نظیر (Goldman در برابر خوش‌بینی افراطی و بی‌قیدوشرط مطالعات اولیه.
نقاط ضعف روش‌شناختی بارز	تکیه بر نمونه‌های کوچک(Small n) ، فقدان محسوس ارزیابی‌های طولی، تکیه بر طرح‌های مقطعی، وجود خطر سوگیری (Bias) متوسط تا بالا، و فقدان تنوع فرهنگی-زبانی در نمونه‌ها.	چالش‌هایی که به شدت نیازمند رفع در نسل بعدی پژوهش‌های آموزش ویژه هستند.
روند پژوهشی و فناوری آتی	حرکت از نرم‌افزارهای جبرانی گران‌قیمت به سمت اپلیکیشن‌های ابری مقرون‌به‌صرفه، و تلفیق مدل‌های زایشی با تشخیص چهره/صدا برای تولید رابط‌های کاربری همدلانه.	مسیر روشن فناوری در دموکراتیزه کردن دسترسی به ابزارهای آموزش ویژه در سراسر جهان.

۵- نتیجه‌گیری

مرور نظام‌مند، تحلیل انتقادی و فراتحلیل جامع حاضر بر روی پیشگام‌ترین مطالعات تجربی سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ به روشنی و با قطعیت آماری اثبات می‌کند که هوش مصنوعی ظرفیت آن را دارد تا به عنوان یک نیروی تحول‌آفرین بنیادین، چشم‌انداز، ساختار و فلسفه آموزش ویژه را به طور کامل بازتعریف کند. فراتر از یافته‌های منفرد و تقلیل‌گرایانه که صرفاً اثربخشی یک ابزار خاص را در ارتقای مهارت‌های جزئی چون خوانش‌پریشی یا ریاضیات نشان می‌دهند، نتیجه‌گیری کلان و استراتژیک این پژوهش آن است که هوش مصنوعی در حال رقم زدن یک تغییر پارادایم شگرف در آموزش استثنایی است: گذار تاریخی از «مدل پزشکی و رویکرد اصلاح نقص[3]» به «الگوی سازگاری عصبی و شناختی[4]». در این پارادایم نوین، دیگر این دانش‌آموز استثنایی نیست که باید با صرف انرژی روانی مضاعف خود را با قالب‌های صلب و یک‌شکل آموزشی تطبیق دهد؛ بلکه این محیط یادگیری و محتوای آموزشی است که به صورت الگوریتمی، سیال و لحظه‌ای خم می‌شود تا خود را با معماری شناختی، نقاط قوت و محدودیت‌های منحصربه‌فرد فراگیر همگام سازد.

برای مفهوم‌سازی این گذار پارادایمی و بر اساس سنتز انتقادی خلأهای شناسایی‌شده در مطالعات پیشین، این گزارش یک تبیین مفهومی جدید و یکپارچه تحت عنوان «مدل داربست‌بندی عصبی-تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی در آموزش ویژه[5]» ارائه می‌دهد. این مدل مفهومی که به عنوان حلقه مفقوده در هیچ‌یک از مطالعات منفرد پیشین به تنهایی مطرح نشده است، هوش

1 . Neurotypical
2 . Neurodivergent-sensitive Algorithms
3 . Deficit-Correction Model
4 . Neuro-accommodation Model
5 . AI-Driven Neuro-Adaptive Scaffolding Model - AI-NASC

مصنوعی را نه به عنوان یک ابزار مداخله خطی، بلکه به عنوان یک سیستم سایبرنتیک با چهار لایه درهم‌تنیده و هم‌افزا تعریف می‌کند: ۱) لایه پردازش حسی و عصبی[1]: در این لایه پایه، سیستم با استفاده از داده‌های چندوجهی و بی‌درنگ (تأخیر در پاسخ، الگوهای تعامل با کیبورد، ردیابی چشم یا تشخیص عاطفه چهره)، پروفایل لحظه‌ای بار شناختی و حالت عاطفی (استرس، سرخوردگی یا درگیری) فراگیرِ استثنایی را مدل‌سازی می‌کند. ۲) لایه بازآفرینی الگوریتمی[2]: بر خلاف سیستم‌های سنتی، موتور هوش مصنوعی زایشی در این مدل، ساختار نحوی، پیچیدگی واژگانی و فرمت بصری محتوا را به صورت «زنده» (On-the-fly) متناسب با ظرفیت محدود حافظه فعال دانش‌آموز بازنویسی و بازآفرینی می‌کند تا از اضافه‌بار شناختی جلوگیری نماید. ۳) لایه طنین عاطفی[3]: با الهام از موفقیت اثبات‌شده ربات‌های اجتماعی در مداخله اوتیسم، این لایه وظیفه دارد تا لحن بازخوردهای سیستم را به گونه‌ای تنظیم کند که از نظر عاطفی برای فراگیر کاملاً قابل پیش‌بینی، حمایتگر و بدون کوچکترین رگه‌ای از قضاوت[4] باشد تا اضطراب عملکرد در یادگیری به صفر برسد. ۴) لایه ارکستراسیون انسانی[5]: در این لایه حیاتی، معلم آموزش ویژه نقش تصحیح‌کننده اوراق را رها کرده و به عنوان یک ناظر ارشد، تحلیلگر داده‌ها و هدایتگر اخلاقی[6] عمل می‌کند. معلم اطمینان حاصل می‌نماید که هوش مصنوعی دقیقاً در منطقه تقریبی رشد (ZPD) دانش‌آموز عمل کرده و از پدیده مخرب تخلیه شناختی افراطی و وابستگی کورکورانه جلوگیری می‌نماید.

از منظر پیامدهای نظری برای علوم تربیتی، این فراتحلیل اثبات می‌کند که نظریه‌های یادگیری کلاسیک به شدت نیازمند به‌روزرسانی برای عصر هوش مصنوعی هستند. مفاهیم بنیادینی چون «بار شناختی[7]» نظریه سویلر و «منطقه تقریبی رشد[8]» ویگوتسکی در حضور سیستم‌های قدرتمند هوش مصنوعی زایشی، بُعد و معنای جدیدی یافته‌اند. سیستم‌های هوشمند با برعهده گرفتن بار پردازش‌های شناختی سطح پایین و فرسایشی (مانند رمزگشایی دشوار کلمات برای خوانش‌پریشان یا محاسبات پایه ریاضی برای محاسبه‌پریشان)، فضای ارزشمند حافظه فعال دانش‌آموز را آزاد می‌کنند تا او بتواند با کارکردهای اجرایی سطح بالا نظیر استدلال، خلاقیت و حل مسئله درگیر شود. این هم‌زیستی شناختی نوین میان انسان و ماشین، نیازمند تدوین چارچوب‌های معرفت‌شناختی جدیدی است که در آن «ابزار» بخشی از قابلیت شناختی یادگیرنده محسوب می‌شود.

از بُعد پیامدهای کاربردی و دستورالعمل‌های عملیاتی برای نظام‌های آموزشی، مدیران و معلمان آموزش ویژه باید راهبردهای کلاس‌داری خود را به سرعت از آموزش مبتنی بر انتقال صرف محتوا، به آموزش «مهارت‌های تعامل با هوش مصنوعی» تغییر دهند. همان‌گونه که مطالعات اخیر به زیبایی اثبات کردند، آموزش مستقیم تکنیک‌های «مهندسی پرامپت» به دانش‌آموزان دارای ناتوانی یادگیری، امروزه به اندازه آموزش مهارت‌های پایه خواندن و نوشتن اهمیت یافته است. زیرا توانایی پرسشگری صحیح و استخراج اطلاعات ساختاریافته از هوش مصنوعی، به ابزار اصلی و قدرتمند این دانش‌آموزان برای جبران ناتوانی‌هایشان در آینده شغلی و تحصیلی تبدیل خواهد شد. علاوه بر این، سیاست‌گذاران آموزشی باید با رویکردی پیشگیرانه نسبت به تجهیز زیرساخت‌های فناوری در مدارس دولتی و فراگیر، تدوین دستورالعمل‌های سخت‌گیرانه اخلاقی برای حفظ حریم خصوصی داده‌های بسیار حساس بیومتریک و تحصیلی کودکان استثنایی، و از همه مهم‌تر آموزش سواد هوش مصنوعی به معلمان اقدام نمایند. غفلت از این موارد می‌تواند به جای کمک به این کودکان، منجر به تعمیق شکاف دیجیتال[9] و تشدید نابرابری در دسترسی به منابع گردد.

برای افق پژوهش‌های آینده در این اکوسیستم نوپا، اکیداً پیشنهاد می‌گردد که تمرکز محققان از انجام مطالعات کوتاه‌مدت، مقطعی و شبه‌تجربی با نمونه‌های کوچک، به سوی طراحی و اجرای پژوهش‌های طولی وسیع و چندملیتی تغییر یابد. تنها از طریق این مطالعات طولی است که می‌توان تأثیرات عمیق استفاده مداوم از هوش مصنوعی بر رشد عصبی، انعطاف‌پذیری پلاستیسیته مغزی و ماندگاری مهارت‌های شناختی فراگیران را در بازه‌های چندساله به طور واقعی ارزیابی نمود. همچنین، توسعه الگوریتم‌هایی که از نظر فرهنگی حساس باشند، بر روی پایگاه‌های داده‌ای متشکل از افراد دارای تنوع عصبی آموزش دیده باشند و بتوانند پیچیدگی‌های اختلالات همزمان را به صورت یکپارچه و هوشمند مدیریت کنند، باید در صدر دستور کار مهندسان و توسعه‌دهندگان فناوری‌های آموزشی قرار گیرد. تنها با تلفیق این دقت مهندسی و دلسوزی پداگوژیک است که رویای عدالت آموزشی و تحقق تمام ظرفیت‌های انسانی برای تمامی یادگیرندگان با هر سطح از توانمندی، به واقعیتی ملموس در کلاس‌های درس آینده تبدیل خواهد شد.

1. Sensory-Neural Input
2. Algorithmic Regeneration
3 . Affective Resonance
4 . Non-judgmental
5. Human Orchestration
6. Ethical Guide
7 . Cognitive Load
8 . Zone of Proximal Development
9 . Digital Divide

منابع

1) Al Naabi, F., & Al Abri, M. (2026). Exploring the effectiveness of AI-generative tools in improving vocabulary and engagement among elementary school students in Oman. Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET, *25*(1), 114-126.
2) Ayasrah, S., Hanandeh, A., Abu Ghazal, H., & AlEid, W. (2024). Utilizing PROKET technology program: An evaluation of assistive tools in enhancing developmental skills for students with specific learning disorders. International Journal of Information and Education Technology, *14*(7), 988-995.
3) Bertacchini, F., Demarco, F., Scuro, C., Pantano, P., & Bilotta, E. (2023). A social robot connected with ChatGPT to improve cognitive functioning in ASD subjects. Frontiers in Psychology, *14*, Article 1232177.
4) Chukwuemeka, C. J., & Agbarakwe, H. A. (2024). Artificial intelligence (Speechify App) for dyslexia on students' performance and retention in reading in Port Harcourt metropolis, Rivers State, Nigeria. In Educational broadcasting in Nigeria in the age of artificial intelligence. Springer Nature.
5) D'Urso, S., & Sciarrone, F. (2024). AI4LA: An intelligent chatbot for supporting students with dyslexia, based on generative AI. In Generative intelligence and intelligent tutoring systems (pp. 369-377). Springer Nature.
6) Gharaibeh, M., & Basulayyim, A. (2025). ChatGPT enhances reading comprehension for children with dyslexia in Arabic language. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, *20*(8), 2858-2871.
7) Goldman, S. R., Carreon, A., & Smith, S. J. (2026). Teaching students with learning disabilities to be prompt engineers. Intervention in School and Clinic, *61*(3), 142-150.
8) Hany, N., Sherif, R., Emad, K., Emad, A., Elsayed, M., & Abdelrahman, H. (2024). Nexia tutor: An AI-powered language personalized learning system for kids with dyslexia and reading challenges. In 2024 International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC) (pp. 98-103). IEEE.
9) Morciano, G., Alcalde-Llergo, J. M., Zingoni, A., Yeguas-Bolivar, E., Taborri, J., & Calabrò, G. (2024). Use of recommendation models to provide support to dyslexic students. Expert Systems with Applications, *249*(Part C), Article 123738.
10) Rizos, I., & Foykas, E. (2024). Teaching first-degree equations to students with dyslexia. Pedagogical Research, *9*(4), Article em0219.
11) Samuelsson, J. (2023). Arithmetic fact fluency supported by artificial intelligence. Frontiers in Education Technology, *6*(1), 13-25.
12) Shabanali Fami, F., Arjmandnia, A. A., Moradi, H., & Esmaeili Anvar, S. (2024). Effectiveness of a mixed cognitive intervention program (computer-based and home-based) on improving cognitive and academic functions in school-aged children with specific learning disorder (SLD): A pilot study. Education and Information Technologies, *29*(10), 11891-11926.
13) Sukasih, S., Andrijati, N., & Nurharini, A. (2024). Integration of games-based artificial intelligence to support differentiated learning and literacy skills of inclusive students with specific learning disorders. Journal of Management World, *2024*(4), 454-462.
14) Wang, E. Q., & Piper, A. M. (2022). The invisible labor of access in academic writing practices: A case analysis with dyslexic adults. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, *6*(CSCW1), Article 120.
15) Zingoni, A., Morciano, G., Alcalde-Llergo, J. M., Taborri, J., Yeguas-Bolívar, E., Aparicio-Martinez, P., Pinzi, S., & Calabrò, G. (2024). VRAIlexia project: Provide customized support to university students with dyslexia using artificial intelligence and virtual reality. In Proceedings of the 2024 IEEE International Conference on Metrology for eXtended Reality, Artificial Intelligence and Neural Engineering (MetroXRAINE) (pp. 535-540). IEEE.