

نقش فناوری‌های نوین واقعیت مجازی و افزوده بر توان‌بخشی دانش‌آموزان با اختلالات یادگیری:

یک مطالعه مروری نظام‌مند

The Role of Emerging Virtual and Augmented Reality Technologies in the Rehabilitation of Students with Learning Disorders: A Systematic Literature Review

Fatemeh Fooladi

Ph.D. Student in Department of Educational Psychology, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran.

Dr. Molouk Khademi Ashkzari *

Professor of Educational Psychology Department, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran.

mkhademi@alzahra.ac.ir

Pariya Sadat Meraji Saeed

Ph.D. Student in Department of Educational Psychology, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran.

فاطمه فولادی

دانشجوی دکتری روانشناسی تربیتی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

دکتر ملوک خادمی اشکذری (نویسنده مسئول)

استاد گروه روانشناسی تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

پریا سادات معراجی سعید

دانشجوی دکتری روانشناسی تربیتی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

Abstract

Alongside advances in science and the expanding use of emerging technologies across various fields, the application of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in educational and rehabilitation processes—particularly for learning disorders—has grown substantially. Accordingly, the present study aimed to examine the effects of VR and AR on students with specific learning disorders through a systematic review. To this end, the keywords *virtual reality*, *augmented reality*, *specific learning disorder*, *learning disabilities*, *dysgraphia*, *dyslexia*, and *mathematical learning difficulties* were searched across multiple databases, including Elsevier, Web of Science, Google Scholar, Scopus, PsycINFO, PubMed, Springer, ScienceDirect, ProQuest, ISC, Noormags, Magiran, and SID. As a result, 31 studies published between 2016 and 2025 were selected and analyzed based on the CASP checklist and predefined inclusion criteria, including ease of access to full texts, a restricted publication time frame, and online availability. The synthesis of the reviewed studies indicated that VR- and AR-based rehabilitation interventions had positive and significant effects on improvements in executive functions, information processing speed, balance and motor coordination, as well as children's interaction and communication skills. Moreover, these technologies were found to be effective in creating safe, low-anxiety environments and facilitating early identification. Based on these findings, it can be concluded that the use of novel technologies in the rehabilitation of students with specific learning disorders is highly effective. Accordingly, psychologists and teachers are encouraged to incorporate these technologies to enhance outcomes for this population.

Keywords: *Virtual Reality, Augmented Reality, Rehabilitation, Learning Disorder, Students, Systematic Review.*

چکیده

همزمان با پیشرفت علم و افزایش استفاده از فناوری‌های جدید در حوزه‌های مختلف، بهره‌گیری از واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در فرایند آموزش و توانبخشی نیز به خصوص در مورد اختلالات یادگیری رو به رشد است. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیرات واقعیت مجازی و واقعیت افزوده بر دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص به روش مرور نظام‌مند بود. بدین منظور جست‌وجو کلیدواژگان واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، اختلال یادگیری (خاص)، ناتوانی‌های یادگیری، نارسا نویسی، نارسا خوانی و نارسایی در ریاضی در پایگاه‌های داده الزیویر، وب‌آف‌ساینس، گوگل اسکالر، اسکوپوس، سایک‌اینفو، پاب‌مد، اشپرینگر، ساینس دایرکت، پروکوئست، پایگاه استنادی جهان اسلام، نورمگز، مگیران و پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی انجام شد. در نتیجه، ۳۱ مطالعه منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ براساس سیاهه کاسپ و ملاک‌های ورود شامل شامل دسترسی آسان به منابع، محدود بودن دامنه زمانی و چاپ مقاله به صورت برخط، انتخاب و تحلیل شدند. ارزیابی حاصل از مقالات مورد بررسی نشان داد که مداخلات توانبخشی از طریق واقعیت مجازی و واقعیت افزوده تأثیرات مثبت و قابل توجهی بر بهبود کارکردهای اجرایی، سرعت پردازش اطلاعات، تعادل و هماهنگی حرکتی، تعامل و ارتباطات کودکان دارد. همچنین در ایجاد محیطی امن و بدون اضطراب و تشخیص زود هنگام نیز موثر است. با توجه به نتایج پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از فناوری‌های نوین در حوزه توانبخشی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص روشی بسیار موثر است و پیشنهاد می‌شود که روانشناسان و معلمان نیز با بهره‌گیری از آن‌ها در راستای بهبود شرایط این دانش‌آموزان اقدام نمایند.

واژه‌های کلیدی: *واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، توانبخشی، اختلال یادگیری، دانش‌آموزان، مرور نظام‌مند.*

مقدمه

اختلال یادگیری خاص^۱ (SLD) یک اختلال عصبی-رشدی است که در آن مهارت‌های تحصیلی به طور قابل توجهی پایین‌تر از سطح مورد انتظار با توجه به سن، سطح هوش و آموزش فرد است، که علت آن ترکیبی از عوامل ژنتیکی و محیطی می‌باشد. این اختلال با علائمی مانند عدم توانایی در بهره‌گیری مؤثر از مهارت‌های تحصیلی در حوزه‌های خواندن، نوشتن یا ریاضیات مشخص می‌شود. یکی از انواع این اختلال ممکن است به صورت مجزا یا در کنار سایر انواع ظاهر شود (بوزاتلی^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). برخی از انواع این اختلالات در سنین پیش‌ازمدرسه نمایان می‌شوند، در حالی که برخی دیگر حتی تا دوران دبستان و راهنمایی ممکن است آشکار نشوند. تعداد قابل توجهی از کودکان در یادگیری یک یا چند مهارت و درس مشکل دارند و با افزایش سن، این مشکلات ممکن است گسترده‌تر شده و به سایر حوزه‌ها نیز سرایت کند (بهمنی، ۱۳۹۹). نرخ شیوع کلی این اختلالات در حدود ۶/۷۵ درصد گزارش شده است، که برای پسران با اختلال یادگیری حدود ۷/۲۷ درصد و برای دختران حدود ۶/۲۴ درصد است. در ایران، بالاترین و پایین‌ترین نرخ شیوع مربوط به اختلالات یادگیری، به ترتیب، اختلال ریاضی با ۹/۸۳ درصد و اختلال خواندن با ۴/۴۸ درصد، هر دو در دختران است. به طور کلی، میزان شیوع این اختلالات در جامعه، با توجه به میزان قطعیت، بین ۲ تا ۱۰ درصد نوسان دارد (موسوی، نژاد و شیرکرمی، ۱۳۹۴). بنابراین ارائه مداخلات توان‌بخشی زودهنگام برای بهبود مهارت‌های خواندن، نوشتن و ریاضی و کاهش پیامدهای منفی آن ضروری است (مارسکا^۳ و همکاران، ۲۰۲۲).

روش‌های سنتی توان‌بخشی شامل آموزش مستقیم معلم‌محور، تمرین‌های کاغذی و آموزش فردبه‌فرد هستند که به تقویت مهارت‌های پایه‌ای می‌پردازند و اثربخشی آن‌ها در این زمینه نشان داده شده است (هورویتز و واناکوره^۴، ۲۰۲۳)؛ با این حال، این روش‌ها معمولاً فاقد جذابیت‌های چندرسانه‌ای بوده و انگیزش و مشارکت فعال دانش‌آموزان را به حد کافی تأمین نمی‌کنند. در چند سال اخیر، مداخلات مبتنی بر فناوری‌های نوین (نظیر بازی‌های آموزشی رایانه‌ای، تمرینات شناختی هدفمند و سامانه‌های واقعیت مجازی/افزوده) برای توان‌بخشی معرفی شده‌اند؛ این برنامه‌ها با استفاده از عناصر بازی‌محور و محیط‌های تعاملی، انگیزش و مشارکت دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری را به شدت افزایش می‌دهند (شعبان^۵ و همکاران، ۲۰۲۴). فناوری واقعیت مجازی نیز با ایجاد محیط‌های یادگیری فراگیر و ارائه بازخورد آنی، تمرکز و تعامل فعال فراگیران را تقویت می‌کند. علاوه بر این، واقعیت مجازی محیط‌های آموزشی شخصی‌سازی شده فراهم می‌آورد و با ارائه بازخورد چندوجهی لحظه‌ای، یادگیری خودتنظیم‌شده را تقویت می‌نماید (مارسکا و همکاران، ۲۰۲۲). با توجه به تأثیر منفی اختلالات یادگیری بر اعتمادبه‌نفس و تعاملات اجتماعی دانش‌آموزان، بهبود اثربخشی مداخلات توان‌بخشی اهمیت ویژه‌ای می‌یابد (وولتسیو و موسیادس^۶، ۲۰۲۵).

فناوری‌های واقعیت مجازی^۷ (VR) و واقعیت افزوده^۸ (AR) ر عصر حاضر توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند؛ در حالی که این فناوری‌ها برای اولین بار در اواسط قرن بیستم ظاهر شدند. طبق پژوهش‌ها، واقعیت مجازی یکی از آخرین تکنیک‌های آموزش و سرگرمی است که اثربخشی آن بر بهبود اختلالات یادگیری خاص ثابت شده است (دریگاس^۹ و همکاران، ۲۰۲۲). به عبارت دیگر، واقعیت مجازی نوعی فناوری تعاملی با رایانه است که می‌تواند تصویری از حضور در فضای مجازی و مصنوعی را برای فرد فراهم کند. نتیجه مطالعات FMRI^{۱۰} نشان می‌دهد که تصور حضور در محیط‌های مجازی می‌تواند همان بخش‌هایی از مغز را فعال کند که با حضور در محیط واقعی فعال می‌شوند (ریزو^{۱۱}، ۲۰۲۲). بنابراین استفاده از واقعیت مجازی این امکان را برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند تا یادگیری‌ای مبتنی بر تجربه داشته باشند، به طور آگاهانه تمرکز کنند و یادگیری معنادارتری را شکل دهند؛ زیرا دانش‌آموزان در محیطی امن و کنترل‌شده تمرین کرده و پارامترهای زیادی را به دلخواه خود تغییر می‌دهند. چنین شبیه‌سازی‌هایی مهارت‌های شناختی و یادگیری آنان را افزایش می‌دهد (غریبی و همکاران، ۱۴۰۰).

1 Specific Learning Disorder
 2 Bozath
 3 Maresca
 4 Hurwitz & Vanacore
 5 Shaban
 6 Voultsiou & Moussiades
 7 Virtual Reality
 8 Augmented reality
 9 Drigas
 10 Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)
 11 Rizzo

یکی دیگر از فناوری‌های نوین که امروزه پژوهش‌های زیادی بر روی آن انجام می‌گیرد، واقعیت افزوده (AR) است. واقعیت افزوده به‌عنوان نوعی از واقعیت مجازی تعریف شده است؛ در حالی که واقعیت مجازی کاربر را به‌طور کامل در یک محیط تولیدشده توسط کامپیوتر غوطه‌ور می‌کند، حالتی که او نمی‌تواند با محیط فیزیکی ارتباط برقرار کند، واقعیت افزوده اجازه می‌دهد عناصر مجازی روی محیط فیزیکی قرار بگیرند (احمد^۱، ۲۰۱۹). به عبارت دیگر، واقعیت افزوده ترکیبی از دنیای فیزیکی و دیجیتال را امکان‌پذیر می‌کند و با ارائه اطلاعات اضافی به کمک تصاویر، ویدیوها و صداها تولیدشده توسط دوربین در دستگاه‌های تلفن همراه، محیط بلافاصله کاربر را بهبود می‌بخشد. نظریه شناختی یادگیری چندرسانه‌ای بر این اصل استوار است که تصاویر برای یادگیری مؤثرتر از کلمات به‌تنهایی هستند. واقعیت افزوده متن چاپ‌شده، فایل‌های صوتی، ویدیوها و سایر محتوای مجازی را پوشش می‌دهد. همچنین می‌تواند به‌عنوان یک فناوری کمکی یا آموزشی عمل کند و مطابق با اصول طراحی جهانی برای یادگیری، دانش‌آموزان با ناتوانی در یادگیری را نیز حمایت کند (کلمز^۲ و همکاران، ۲۰۲۰).

استفاده از واقعیت مجازی و افزوده در زمینه توان‌بخشی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، زیرا در حال حاضر ثابت شده که نوعی مداخله مؤثر برای انواع شرایط فیزیکی و شناختی است. با این وجود، کاربرد آن در توان‌بخشی کودکان جدیدتر است (دی‌جوستو^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین، با توجه به میزان شیوع اختلالات یادگیری در ایران، به‌ویژه در حوزه‌های ریاضی و خواندن، و همچنین پیامدهای ثانویه ناشی از این اختلالات، لازم است با مرور نظام‌مند یافته‌های علمی در حوزه اثربخشی واقعیت مجازی و واقعیت افزوده به‌عنوان فناوری‌های نوین در این زمینه، متخصصان و سازمان‌های مرتبط در حوزه آموزش از آن‌ها آگاه شوند و بهره‌گیرند. همچنین، با یکپارچه‌سازی یافته‌های پراکنده، می‌توان چارچوبی برای مطالعات آتی و ارتقای اثربخشی مداخلات VR/AR در توان‌بخشی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری فراهم آورد.

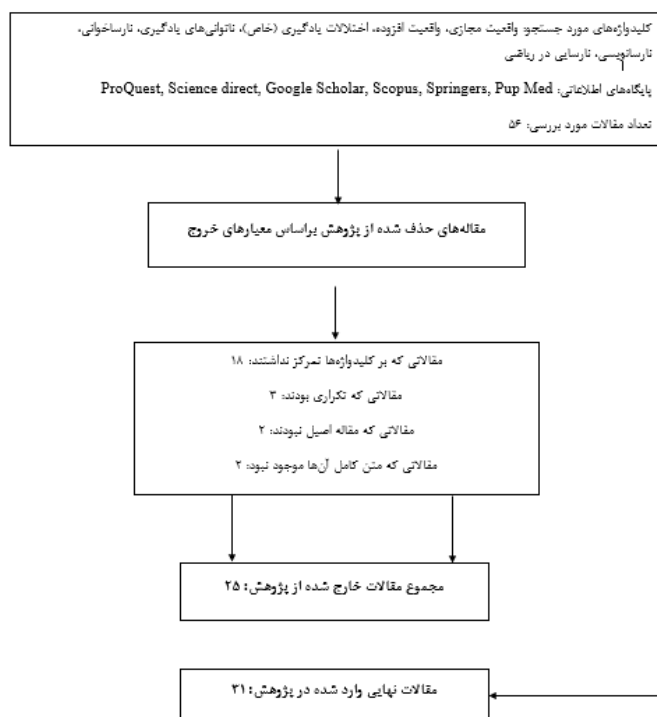
روش

مطالعه حاضر، مروری نظام‌مند^۴ بر مقالات چاپ شده در زمینه تاثیر فناوری‌های نوین AR, VR است. بدین منظور یافته‌های پژوهشی منتشرشده از سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ در پایگاه‌های اطلاعاتی مانند الزویر^۵، وب‌آف‌ساینس^۶، گوگل اسکالر^۷، اسکوپوس^۸، سایک‌اینفو^۹، پاب‌مد^{۱۰}، اشپرینگر^{۱۱}، ساینس دایرکت^{۱۲}، پروکوئست^{۱۳}، پایگاه استنادی جهان اسلام^{۱۴}، نورمگر^{۱۵}، مگیران^{۱۶} و پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی^{۱۷} مورد بررسی قرار گرفتند. در فرآیند جستجو، از واژه‌های کلیدی چون واقعیت مجازی^{۱۸}، واقعیت افزوده^{۱۹}، اختلال یادگیری (خاص)^{۲۰}، ناتوانی یادگیری^{۲۱}، نارسا نویسی^{۲۲}، نارساخوانی^{۲۳} و نارسایی در ریاضی^{۲۴} استفاده شد. مقالات مرتبط با این کلیدواژه‌ها دانلود شدند و موارد تکراری حذف گردیدند.

1 Ahmed
 2 Kellems
 3 Di Giusto
 4 Systematic review
 5 Elsevier
 6 Science of Web
 7 Google Scholar
 8 Scopus
 9 Psych info
 10 PubMed
 11 Springer
 12 Science Direct
 13 ProQuest
 14 ISC
 15 Noormags
 16 Magiran
 17 Scientific Information Database (SID)
 18 Virtual Reality
 19 Augmented Reality
 20 Learning Disorder
 21 Learning Disability
 22 Dysgraphia
 23 Dyslexia
 24 Dyscalculia

معیار ورود و خروج مقالات: معیارهای ورود به مطالعه شامل دسترسی آسان به منابع، محدود بودن دامنه زمانی و چاپ مقاله به صورت برخط بود. در عین حال، معیارهای خروج از پژوهش شامل منابعی بود که به صورت نامه به سردبیر یا در قالب گزارش موردی ارائه شده بودند، همچنین منابعی با تحلیل یا روش‌شناسی نامشخص یا تکراری نیز جز معیارهای خروج در نظر گرفته شدند. علاوه بر این، منابعی که تنها امکان دسترسی به چکیده آن‌ها وجود داشت، مورد استفاده قرار نگرفتند.

استخراج پژوهش‌ها: در ابتدا به منظور بررسی و شناسایی هر منبع، سه مرحله مستقل صورت گرفت: تحلیل عنوان، مطالعه چکیده و مطالعه کلی متن یا فهرست مطالب. این مراحل توسط دو متخصص روان‌شناسی تربیتی و آموزش کودکان استثنایی با مدرک دکتری و حداقل سه سال سابقه فعالیت در حوزه انجام شد. سپس براساس سیاهه کاسپ^۱، ده معیار کیفی برای هر مورد بررسی شد. این معیارها شامل تطابق هدف مقاله با اهداف پژوهش، جدید بودن مطالب، ساختار کلی مقاله، رویکرد نمونه‌گیری، روش و کیفیت جمع‌آوری داده‌ها، توانایی گسترش یافته‌های مقاله، رعایت نکات اخلاقی در پژوهش، دقت در تحلیل نتایج، وضوح در ارائه یافته‌ها، ارزش کلی مقاله و شیوه امتیازدهی بودند. برای هر معیار، امتیازی بین ۱ تا ۵ اختصاص یافت. مقالاتی که مجموع امتیازات آن‌ها ۲۵ یا بیشتر بود، از نظر کیفی تایید شدند و بقیه حذف شدند. در ابتدا، ۵۶ مقاله مورد بررسی قرار گرفتند که ۲۵ مقاله از آنها معیارهای ورود را نداشتند. در نتیجه، در پایان، ۳۱ مقاله اصلی برای بحث و تحلیل باقی ماندند (شکل ۱).



شکل ۱. روند بررسی و انتخاب مقالات پژوهش

یافته‌ها

هدف پژوهش حاضر مرور نظام‌مند تاثیر فناوری‌های نوین واقعیت مجازی و افزوده بر توان‌بخشی دانش‌آموزان با اختلالات یادگیری بود. بدین منظور جدول زیر براساس نام نویسندگان، سال چاپ، عنوان مقاله و یافته‌های پژوهش نگارش شده است.

جدول ۱. خلاصه مقالات بررسی شده در حوزه اثر بخشی واقعیت مجازی و افزوده بر اختلالات یادگیری

نویسندگان/سال	عنوان	نوع اختلال / نوع مداخله	حوزه اثر بخشی
ینی اوغلو ^۱ و همکاران (۲۰۲۴)	استفاده از مداخله مبتنی بر واقعیت افزوده برای آموزش درس علوم به دانش آموزان دارای ناتوانی یادگیری	اختلالات یادگیری/واقعیت افزوده	افزایش علاقه مندی، درک بهتر مفاهیم علمی درس علوم، ارتقاء مهارت های تعاملی، تقویت تجربه یادگیری و افزایش اثربخشی آموزش دانش آموزان
خانجانی و همکاران (۱۴۰۳)	مقایسه اثربخشی توانبخشی شناختی مبتنی بر رایانه و مداخله بر اساس واقعیت مجازی بر توجه دیداری و شنیداری کودکان با اختلال یادگیری خواندن	نارساخوانی/واقعیت مجازی	بهبود توجه دیداری و شنیداری
دی جیوستو و همکاران (۲۰۲۳)	برنامه توانبخشی واقعیت مجازی بر کارکردهای اجرایی کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری خاص: یک مطالعه مقدماتی	اختلالات یادگیری/واقعیت مجازی	بهبود کارکردهای اجرایی از جمله نمرات توجه بصری، بازداری، انعطاف پذیری و توانایی های برنامه ریزی
لازو-آمادو و آندراده-آرناس ^۲ (۲۰۲۳)	طراحی یک نرم افزار موبایلی برای کودکان مبتلا به نارساخوانی با استفاده از واقعیت افزوده	نارساخوانی/واقعیت افزوده	بهبود درک مطلب و تشخیص کلمات
الفکی ^۳ و همکاران (۲۰۲۳)	یک سیستم کارآمد مبتنی بر آزمایشگاه تجربی در محیط مجازی سه بعدی برای دانش آموزان با ناتوانی های یادگیری	اختلالات یادگیری/واقعیت مجازی	بهبود مهارت های شناختی دانش آموزان در انجام آزمایش های فیزیکی
حسین ^۴ و همکاران (۲۰۲۳)	بازی ARLexic: یک بازی مبتنی بر واقعیت افزوده برای آموزش کودکان با نارساخوانی و نارسانویسی	نارساخوانی و نارسانویسی/واقعیت افزوده	افزایش سطح درگیری و مشارکت، افزایش توجه و انگیزش کودکان و یادگیری سریع تر
فلورس-گالگوس ^۵ و همکاران (۲۰۲۲)	تأثیر برنامه آموزشی مبتنی بر واقعیت مجازی بر توجه بصری و عملکرد حرکتی کودکان با نارساخوانی	نارساخوانی/واقعیت مجازی	بهبود توجه دیداری و سرعت حرکت در تکالیف تعادل، ادراک بدنی و ادراک شادکامی
مارسکا و همکاران (۲۰۲۲)	استفاده از واقعیت مجازی برای کودکان مبتلا به نارساخوانی	نارساخوانی/واقعیت مجازی	بهبود مهارت های شناختی در حوزه های شناختی مقیاس هوش و کسلسر کودکان و افزایش قابل توجه نمرات آزمون کلمه خوانی و نوشتن
ویلیانتو ^۶ و همکاران (۲۰۲۲)	طراحی و توسعه مدل های یادگیری مبتنی بر واقعیت افزوده برای دانش آموزان دارای اختلالات یادگیری ویژه	نارسایی در ریاضی/واقعیت افزوده	ملموس تر و قابل فهم تر کردن مفاهیم انتزاعی ریاضی مانند عملیات حسابی، کسرها و اشکال فضایی و افزایش انگیزه و درگیری فعال در یادگیری ریاضی

1 Yenioglu

2 Lazo-Amado, & Andrade-Arenas

3 Elfakki

4 Hussain

5 Flores-Gallegos

6 Wiliyanto

فلورس-گالگوس و همکاران (۲۰۲۲)	طراحی نرم افزار واقعیت مجازی برای ارتقای یادگیری دانش آموزان نارساخوان	نارساخوانی/واقعیت مجازی	ایجاد محیطی مفرح، ایمن، کنترل شده و انگیزشی
آذرنیا ^۱ و همکاران (۱۴۰۱)	اثربخشی آموزش ذهن آگاهی مبتنی بر واقعیت مجازی بر بهبود تنظیم شناختی هیجان در دانش آموزان با اختلال یادگیری خاص	اختلال یادگیری/واقعیت مجازی	بهبود توانایی تنظیم شناختی هیجان در دانش‌آموزان
دریگاس و همکاران (۲۰۲۲)	تکنیک‌های آموزش واقعیت مجازی و فراشناخت برای ناتوانی‌های یادگیری	اختلال یادگیری/واقعیت مجازی	بهبود مهارت‌های فراشناختی و شناختی، توجه، کاهش حواس‌پرتی، تقویت خودتنظیمی یادگیری سریع، ذهن آگاهی و تمرین‌های تنفسی
لازو-آمادو و همکاران (۲۰۲۲)	طراحی یک برنامه موبایلی مبتنی بر واقعیت افزوده برای کودکان ابتدایی با نارساخوانی	نارساخوانی/واقعیت افزوده	بهبود هجی، تشخیص کلمات و درک مطلب در کودکان دارای نارساخوانی
سونیر ^۲ و همکاران (۲۰۲۲)	توان‌بخشی بصری برای اختلالات یادگیری در واقعیت مجازی	اختلال یادگیری/واقعیت مجازی	بهبود مهارت‌های دیداری، افزایش انگیزه و پایبندی به ادامه درمان
مسکاتی ^۳ و همکاران (۲۰۲۱)	استفاده از واقعیت مجازی در آموزش دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی	نارساخوانی/واقعیت مجازی	دستیابی به اطلاعات موثری مانند زبان بدن، صدا و تصاویر، افزایش تشویق به یادگیری و تعامل
ابورکبه ^۴ (۲۰۲۱)	استفاده از واقعیت افزوده برای حمایت از کودکان مبتلا به نارساخوانی	نارساخوانی/واقعیت افزوده	بهبود تمرکز، عملکرد تحصیلی و حافظه‌ی کوتاه‌مدت، افزایش انگیزش و مشارکت در فعالیت‌های یادگیری و درک مطالب
توران و آتیلا ^۵ (۲۰۲۱)	فناوری واقعیت افزوده در آموزش علوم برای دانش آموزان با مشکلات یادگیری خاص: تأثیر آن بر یادگیری و دیدگاه دانش‌آموزان	اختلالات یادگیری/واقعیت افزوده	بهبود فهم مفاهیم علمی، افزایش جذابیت، تعامل بالا و تجربه‌های دیداری-عملی
کلمز و همکاران (۲۰۲۰)	استفاده از آموزش مبتنی بر ویدئو از طریق واقعیت افزوده برای آموزش ریاضیات به دانش‌آموزان دبیرستانی با ناتوانی‌های یادگیری	نارسایی در ریاضی/واقعیت افزوده	افزایش درک مفاهیم ریاضی، بهبود مهارت‌های حل مسئله و افزایش انگیزه دانش‌آموزان
کورواس ^۶ و همکاران (۲۰۲۰)	یک برنامه واقعیت مجازی همه جانبه برای توانبخشی کودکان مبتلا به نارساخوانی	نارساخوانی/واقعیت مجازی	بهبود تعامل کودکان و توجه پایدار کودکان
رحمان ^۷ و همکاران (۲۰۲۰)	نرم‌افزار موبایلی یادگیری مبتنی بر واقعیت افزوده برای دانش‌آموزان با ناتوانی‌های یادگیری	اختلال یادگیری/واقعیت افزوده	بهبود یادگیری از طریق صدا، گرافیک، انیمیشن و ویدئو

1 Azarnia

2 Saunier

3 Maskati

4 Aborokbah

5 Turan & Atila

6 Corvace

7 Rahman

افزایش انگیزش تحصیلی	نارساخوانی/ واقعیت افزوده	تأثیر فناوری واقعیت افزوده در یادگیری دانش‌آموزان نارساخوان پایه دوم ابتدایی	خاطری و همکاران (۱۴۰۰)
شناسایی و تشخیص دقیق‌تر اختلال‌های خواندن و نوشتن	نارساخوانی/ واقعیت افزوده	آزمون اکتشافی نارساخوانی: دو تکلیف با استفاده از واقعیت افزوده.	تنمازا ^۱ و همکاران (۲۰۱۹)
معنادار کردن یادگیری ریاضی، بهبود حافظه، تفکر انتزاعی، پردازش اطلاعات و ادراک بصری	نارسایی ریاضی/ واقعیت افزوده	تست غربالگری مبتنی بر واقعیت افزوده بر روی دانش‌آموزان با نارسایی در ریاضی	میوندی ^۲ و همکاران (۲۰۱۹)
بهبود حافظه، تفکر انتزاعی، پردازش توالی، حرکتی و ادراک بصری	نارسایی ریاضی/ واقعیت افزوده	ارزیابی برنامه یادگیری مبتنی بر واقعیت افزوده برای یادگیرندگان با نارسایی ریاضی	میوندی و همکاران (۲۰۱۹)
بهبود توجه، تمرکز و رفتارهای تکانشی در دانش‌آموزان بیش‌فعال	اختلال یادگیری/ واقعیت افزوده	اثربخشی فناوری واقعیت افزوده در کاهش علائم اختلال کمبود توجه برای کودکان با ناتوانی یادگیری	احمد (۲۰۱۹)
بهبود مهارت‌های پایه‌ای مربوط به اعداد، استدلال و انعطاف پذیری شناختی	نارسایی ریاضی/ واقعیت افزوده	طراحی بازی مبتنی بر واقعیت افزوده برای کودکان با نارسایی ریاضی: یک مطالعه موردی	آویلا-پسانتز ^۳ و همکاران (۲۰۱۸)
بهبود دقت خواندن، تشخیص حروف و کلمات، و درگیری فعال یادگیرنده، کاهش بار شناختی، افزایش انگیزش و امکان تمرین فردمحور	نارساخوانی/ واقعیت افزوده	واقعیت افزوده به عنوان یک ابزار آموزشی و توانبخشی برای نارساخوانی	رگا و منیتو ^۴ (۲۰۱۷)
بهبودی در به خاطر سپردن، درک و تجزیه و تحلیل	اختلال یادگیری/ واقعیت افزوده	استفاده از فناوری‌های واقعیت افزوده در بهبود توانایی‌های دانش‌آموزان با مشکلات یادگیری	الزهرانی ^۵ (۲۰۱۷)
بهبود علاقه و مشارکت در فعالیت‌های نوشتاری، کمک به املا صحیح و آسان، افزایش اعتماد به نفس	نارسانویسی/ واقعیت افزوده	کمک املائی مبتنی بر واقعیت افزوده به دانش‌آموزان با نارسانویسی	خان ^۶ و همکاران (۲۰۱۷)
بهبود مهارت‌های توجهی و فرایندهای شناختی مرتبط با خواندن	نارساخوانی/ واقعیت مجازی	یک ابزار روان‌سنجی با رویکرد توانبخشی واقعیت مجازی برای نارساخوانی	پدرولی ^۷ و همکاران (۲۰۱۷)

در ابتدا به منظور توضیح جدول بایستی به نکات ذیل توجهی کرد: از حیث توزیع زمانی مطالعات بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴ منتشر شده‌اند. بیشترین تمرکز در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ بوده (حدود ۹ مطالعه در ۲۰۲۲-۲۰۲۳)، که نشان‌دهنده افزایش علاقه و رشد شتابان در این حوزه است. از لحاظ تنوع جغرافیایی و تیم‌های تحقیقاتی، نویسندگان از دانشگاه‌های متعدد بین‌المللی (اروپا، آسیا، آمریکای شمالی) هستند که بیانگر پذیرش جهانی فناوری‌های AR/VR در توانبخشی یادگیری است. از نظر نوع فناوری استفاده شده در پژوهش‌ها نیز تنوع وجود داشت. مانند محیط‌های VR تعاملی آزمایشگاهی (شبیه‌سازی آزمایشگاه برای آموزش درس علوم)، نرم‌افزارها و اپلیکیشن‌های موبایلی AR مانند «ARLexic» برای تقویت مهارت‌های زبانی. بازی‌های آموزشی مبتنی بر AR/VR (مانند بازی‌های ویدیویی برای

1 Tenemaza
 2 Miundy
 3 Avila-Pesantez
 4 Rega & Mennitto
 5 Alzahrani
 6 Khan
 7 Pedrolí

تمرین خواندن)، برنامه‌های توان بخشی VR (سیستم‌های VRRS با تمرکز بر کارکردهای اجرایی و حسی) و مداخلات تلفن همراه با AR (مانند اپلیکیشن‌های تشخیصی یا تقویتی برای نارسایی‌های ریاضی). همچنین تعداد مطالعات برای هر اختلال یادگیری به تفکیک ذیل است: ۱۲ پژوهش برای نارساخوانی، ۹ پژوهش برای نارسایی در ریاضی و شمار اندکی بر علائم اختلال بیش فعالی-نقص توجه و نارسایی در نوشتن پرداخته‌اند.

دسته‌بندی یافته‌ها بر اساس محورهای کلیدی

ارتقا کارکردهای اجرایی: اختلالات یادگیری طیف گسترده‌ای از نارسایی‌های شناختی را دربر می‌گیرند که منشأ آن‌ها معمولاً به ناهنجاری‌های عملکردی در سیستم عصبی مرکزی بازمی‌گردد. یکی از جنبه‌های شناختی که اغلب در این افراد با آسیب همراه است، کارکردهای اجرایی است که برای موفقیت در یادگیری، تنظیم هیجانات و حل مسائل روزمره ضروری‌اند (احمدی^۱ و همکاران، ۲۰۲۵). کودکان مبتلا به اختلالات یادگیری خاص نظیر نارساخوانی و نارسایی در ریاضیات، اغلب در تسلط بر این عملکردهای شناختی با ضعف‌های جدی مواجه‌اند که تأثیرات منفی آن بر عملکرد تحصیلی و تعاملات اجتماعی به‌وضوح مشاهده می‌شود. برای نمونه، «توجه» به‌عنوان یکی از ارکان کلیدی کارکردهای اجرایی، نقشی بنیادین در یادگیری مهارت‌های زبانی، به‌ویژه آگاهی واج‌شناختی و رمزگشایی واژگان نوشتاری ایفا می‌کند. نتایج پژوهش‌های تجربی حاکی از آن است که کودکان دارای نارساخوانی در مؤلفه‌های مختلف توجه، به‌ویژه توجه دیداری و تمرکز پایدار، دچار نقایص قابل توجهی هستند (پدرویلی و همکاران، ۲۰۱۷). واقعیت افزوده و واقعیت مجازی به عنوان فناوری‌های نوظهور، نقش مهمی در بهبود کارکردهای اجرایی (مانند توجه، حافظه کاری، کنترل مهاری، برنامه‌ریزی و خودتنظیمی) دانش‌آموزان با اختلالات یادگیری ایفا می‌کنند. براساس بررسی منابع معتبر، VR با ایجاد محیط‌های غوطه‌ورکننده و AR بهبود قابل توجهی در توجه پایدار، حساسیت ادراکی (کرمی^۲ و همکاران، ۲۰۲۱، رومروآیسو^۳ و همکاران، ۲۰۲۱)، مهارت‌های شناختی و فراشناختی (دریگاس و همکاران، ۲۰۲۲)، زمان واکنش، خودتنظیمی (گئورگیف^۴ و همکاران، ۲۰۲۱)، کنترل مهاری (رومروآیسو و همکاران، ۲۰۲۱) و انعطاف پذیری (دی-جیوستو و همکاران، ۲۰۲۳) دارد. این فناوری‌ها بر اساس اصول نوروپلاستیستی، حجم ماده خاکستری قشر مغز را افزایش داده و امواج بتا EEG را تقویت می‌کنند، که به بهبود عملکرد شناختی منجر می‌شود (گئورگیف و همکاران، ۲۰۲۱).

بهبود تعادل و هماهنگی حرکتی: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که به‌کارگیری واقعیت مجازی و افزوده می‌تواند نقش معناداری در ارتقای تعادل و هماهنگی حرکتی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری خاص ایفا کند. تمرین در محیط واقعیت مجازی - به‌ویژه در فعالیت‌هایی که مستلزم دنبال کردن اهداف دیداری، تنظیم ریتم، جابه‌جایی مرکز ثقل و اصلاح مداوم وضعیت بدن هستند - موجب کاهش نوسان قدمی-خلفی و جانبی، کاهش خطا در حفظ تعادل و بهبود حرکات هدفمند شد؛ امری که بیانگر تقویت کارکرد دهلیزی-چشمی، افزایش یکپارچگی حسی-حرکتی و فعال‌سازی مسیرهای دیداری مسئول پردازش فضایی است (فلورس-گالگوس و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین، هماهنگی چشم-دست و ریتم حرکتی که در بسیاری از کودکان با اختلال یادگیری دچار ضعف هستند، از طریق بازخورد لحظه‌ای بازی‌ها و درگیری تمام‌بدنی در محیط سه‌بعدی بهبود یافت. از منظر نظری، واقعیت افزوده نیز با فراهم کردن تعامل دیداری-حرکتی در محیط واقعی-مجازی و افزایش انگیزش یادگیری، می‌تواند به تقویت این شاخص‌ها کمک کند، هرچند شواهد موجود بیشتر جنبه کیفی و نظری دارند. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که فناوری‌های مبتنی بر واقعیت مجازی و افزوده می‌توانند ابزارهای مؤثری برای توان بخشی حرکتی و حمایت از عملکردهای زیربنایی یادگیری در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری خاص باشند.

افزایش تعامل و ارتباط: نتایج مجموعه مطالعات حاضر نشان می‌دهد که به‌کارگیری فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده می‌تواند زمینه‌ای قدرتمند برای ارتقای تعامل و ارتباط در دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص فراهم کند. یافته‌ها نشان داد که محیط‌های سه‌بعدی تعاملی با ارائه سناریوهای اجتماعی امن، قابل کنترل و بدون قضاوت، فرصت‌هایی غنی برای تمرین مهارت‌هایی چون توجه مشترک، نوبت‌گیری، پاسخ‌دهی اجتماعی و درک نشانه‌های غیرکلامی ایجاد می‌کنند و انگیزش و مشارکت کلامی را به‌طور معناداری افزایش می‌دهند (ژانگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). همسو با این نتایج، پژوهش دیگر در کودکان نارساخوان نشان می‌دهد که واقعیت مجازی با کاهش اضطراب عملکرد، افزایش حس کارآمدی، و ایجاد درگیری فعال، نه تنها به بهبود پردازش زبانی کمک می‌کند بلکه زمینه تعاملات اجتماعی

1 Ahmadi
2 Karami
3 Romero-Ayuso
4 Georgiev
5 Zhang

مؤثرتر با معلمان، درمانگران و همسالان را فراهم می‌آورد؛ امری که می‌تواند بر پیامدهای ارتباطی این گروه تأثیر پایدار داشته باشد (مارسکا و همکاران، ۲۰۲۲). افزون بر این، شواهد دیگری نشان می‌دهد که در کودکان با اختلال یادگیری این فناوری‌ها با تحریک چندحسی، تسهیل پردازش دیداری-شنیداری، افزایش حضور فعال و ایجاد تجربه‌های بازی‌محور، مشارکت اجتماعی و گفت‌وگو را در محیط یادگیری تقویت می‌کنند و حتی کودکان گوشه‌گیر را به کنش‌گران ارتباطی تبدیل می‌سازند (فلورس-گالگوس و همکاران، ۲۰۲۲).

تشخیص: بهره‌گیری از فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی می‌تواند فرایند تشخیص اختلال یادگیری خاص، به‌ویژه نارساخوانی، را دقیق‌تر، معتبرتر و کارآمدتر سازد. نتایج به‌دست‌آمده از اجرای نسخه AR آزمون TEDE نشان داد که این محیط چندحسی و تعاملی قادر است خطاهای بنیادین مرتبط با پردازش واجی—نظیر اشتباه در تشخیص صدای حروف آغازین و همچنین الگوهای وارونگی و جابه‌جایی حروف را با وضوح بیشتری آشکار کند؛ امری که در شیوه کاغذ و قلم به‌دلیل حواس‌پرتی، گم‌کردن خط یا تأثیر عوامل محیطی ممکن است پنهان بماند. افزون بر این، ثبت خودکار پاسخ‌ها، زمان‌بندی دقیق عملکرد، و کاهش خطای انسانی باعث افزایش پایایی و استانداردسازی ارزیابی می‌شود. نتایج کیفی نیز نشان داد که واقعیت افزوده با افزایش انگیزش، تمرکز و مشارکت کودکان، شرایطی فراهم می‌آورد که الگوی خطاهای خواندن با دقت بیشتری بازتاب داده شود. مجموع این شواهد تأیید می‌کند که استفاده از AR و به‌طور مشابه VR می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای غربالگری و تشخیص اولیه نارساخوانی به کار رود و جایگزینی قابل‌اعتمادتر برای روش‌های سنتی ارزیابی فراهم سازد (تنمازا و همکاران، ۲۰۱۹).

به صورت کلی با توجه به مطالب بالا، میتوان گفت که فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی می‌توانند به صورت یکپارچه و چندسطحی نقش مؤثری در توان‌بخشی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری خاص ایفا کنند. این فناوری‌ها از یک‌سو با تکیه بر اصول انعطاف‌پذیری مغزی و ایجاد محیط‌های غوطه‌ور کننده و چندحسی، به بهبود کارکردهای اجرایی کلیدی همچون توجه، حافظه کاری، کنترل مهارتی و خودتنظیمی منجر می‌شوند و از سوی دیگر با درگیری فعال بدن و ارائه بازخورد لحظه‌ای، موجب ارتقای تعادل، هماهنگی حرکتی و هماهنگی حسی-حرکتی می‌گردند. همچنین این دو فناوری با افزایش انگیزش کودکان، فرصت‌هایی را برای تمرین مهارت‌های ارتباطی و تعامل اجتماعی فراهم می‌آورند و مشارکت فعال آنان در فرایند یادگیری را تقویت می‌کنند. در نهایت، شواهد نشان می‌دهد که بهره‌گیری از این فناوری‌ها در حوزه تشخیص، به‌ویژه در غربالگری و شناسایی زود هنگام نارساخوانی می‌تواند بسیار دقیق و کارآمد باشد. در مجموع، واقعیت مجازی و افزوده نه تنها ابزارهایی نوین، بلکه رویکردهایی مؤثر و مبتنی بر شواهد در زمینه آموزشی، توان‌بخشی و تشخیصی دانش‌آموزان با اختلال یادگیری محسوب می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، مطالعه‌ای مروری نظام‌مند درباره‌ی اثربخشی مداخلات توان‌بخشی مبتنی بر واقعیت مجازی و واقعیت افزوده بر دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری خاص بود. نتایج این بررسی نشان داد که مداخله از طریق واقعیت مجازی و افزوده مزایای متعددی برای دانش‌آموزان مبتلا به مشکلات یادگیری به همراه دارد. از آنجا که درمان دارویی مؤثری برای این اختلالات وجود ندارد، استفاده از مداخلات غیردارویی می‌تواند به بهبود عملکردهای شناختی از جمله حافظه، توجه، بازداری و انعطاف‌پذیری ذهنی کمک کند (دی جوستو و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین استفاده از فناوری در آموزش و توان‌بخشی، یکی از بهترین و مناسب‌ترین راه‌ها است. این موضوع به‌ویژه با وارد کردن فناوری‌های جدید مانند واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در کمک به کودکان با مشکلات یادگیری نشان می‌دهد. این فناوری‌ها محیطی امن، جذاب و کنترل‌شده فراهم می‌کنند که با علائق کودکان و نوجوانان همخوانی دارد و به نیازهای آن‌ها توجه می‌کند. همچنین، این فناوری‌ها ابزار مؤثری برای بهبود فرآیند آموزش و توان‌بخشی هستند، زیرا با درگیر کردن حواس کودک، او را به‌طور ذهنی و فکری در محتوای یادگیری غوطه‌ور می‌سازند و تجربه‌ی آموزشی را برای او لذت‌بخش‌تر و مؤثرتر می‌کنند. این امر موجب افزایش تمرکز بر وظایف، بهبود عملکرد و ارتقای خلاقیت می‌شود (لوزانو-آلوارز^۱ و همکاران، ۲۰۲۳).

شکاف‌های مشاهده شده در بررسی مروری پژوهش‌ها نشان داد که با وجود پتانسیل فناوری‌های واقعیت مجازی (VR) و واقعیت افزوده (AR) در توان‌بخشی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری، مطالعات گذشته اغلب کوتاه‌مدت بوده و تعداد کمی از آن‌ها پیگیری

طولانی‌مدت دارند (کونراد^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین بسیاری از پژوهش‌ها با حجم نمونه‌ی اندک انجام شده‌اند که تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود می‌کند. علاوه بر این، تنوع گسترده‌ی برنامه‌های مداخله و ابزارهای ارزیابی (به‌دلیل نبود استانداردسازی) کار مقایسه‌ی نتایج بین مطالعات را دشوار ساخته است. در بسیاری از مرورها نیز تأکید شده است که تمرکز عمده بر اختلالات طیف اوتیسم و مقاطع تحصیلی بالاتر بوده و سایر انواع اختلال یادگیری و دوره‌های پایین‌تر کمتر بررسی شده‌اند (یانگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۵).

از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به محدودیت در دسترسی به متن کامل برخی از مقالات که منجر به حذف آنان از ورود به مطالعه شد، اشاره کرد. علاوه بر این با توجه به آشنایی محدود و ناکافی معلمان و مربیان در زمینه استفاده از فناوری واقعیت مجازی و افزوده پیشنهاد می‌شود دوره‌های آموزشی جهت آشنایی با این فناوری‌ها و مزایای آن در حوزه آموزش و یادگیری برگزار گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که متخصصان و سازمان‌ها ذریع جهت تولید نرم افزارهای مبتنی بر واقعیت مجازی و افزوده متناسب با فرهنگ ایرانی-اسلامی و مطابق با اصول و استانداردهای فنی و آموزشی برای تمامی دروس و دانش‌آموزان به ویژه کودکان با اختلالات یادگیری اهتمام ورزند. با وجود پتانسیل بالای AR و VR، چالش‌هایی مانند هزینه تجهیزات، نیاز به تخصص فنی و احتمال عوارض جانبی مانند سرگیجه در VR وجود دارد و بسیاری از مطالعات در این زمینه در مقیاس کوچک یا آزمایشی هستند و نیاز به تحقیقات گسترده‌تر برای استانداردسازی و اعتبارسنجی این ابزارها وجود دارد.

تضاد منافع: نویسندگان اذعان می‌دارند که هیچگونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع

- آذرنیا، ا؛ یزدانبخش، ک و مرادی، آسیه. (۱۴۰۱). اثربخشی آموزش ذهن آگاهی مبتنی بر واقعیت مجازی بر بهبود تنظیم شناختی هیجان در دانش‌آموزان با اختلال یادگیری خاص. *عصب روان‌شناسی*، ۳۰(۸)، ۶۹-۸۲. <https://doi.org/10.30473/clpsy.2023.68237.1707>
- بهمنی، س. (۱۳۹۹). اثر بازی‌های آموزشی رایانه‌ای بر سرعت پردازش اطلاعات در کودکان دارای اختلال ریاضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی. تهران، ایران. [20.1001.2.9819128639.1399.1.1.48.7](https://doi.org/10.1001/2.9819128639.1399.1.1.48.7)
- خاطری، ا؛ پورروستایی اردکانی، س؛ و زارعی زوارکی، اسماعیل. (۱۴۰۰). تأثیر فناوری واقعیت افزوده بر انگیزش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان نارساخوان پایه دوم ابتدایی، ناتوانی‌های یادگیری، ۱۰(۴)، ۵۸-۸۶. [doi: 10.22098/jld.2021.6534.1710](https://doi.org/10.22098/jld.2021.6534.1710)
- خانجانی، ا؛ بیات، م؛ علوی‌زاده، م. (۱۴۰۳). مقایسه اثربخشی توانبخشی شناختی مبتنی بر رایانه و مداخله بر اساس واقعیت مجازی بر توجه دیداری و شنیداری کودکان با اختلال یادگیری خواندن. *فصلنامه سلامت روان کودک*. ۱۱ (۱)، ۹۴-۱۱۰. <http://childmentalhealth.ir/article-1-1407-fa.html>
- غریبی، ف؛ ناطقی، ف؛ موسوی‌پور، س؛ و سیفی، م. (۱۴۰۰). تأثیر آموزش مبتنی بر واقعیت افزوده بر یادگیری، یادداری و بار شناختی در درس زیست‌شناسی. *فصلنامه توسعه آموزش دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز*، دوره ۱۱، ۱۶۷-۱۸۳. https://edj.ajums.ac.ir/article_112716.html
- موسوی، ع؛ ولی‌نژاد، م؛ شیرکرمی، ف. (۱۳۹۴). بررسی شیوع اختلالات یادگیری در دانش‌آموزان مدارس عادی دوره ابتدایی، *اولین همایش ملی علوم انسانی اسلامی*، قم <https://civilica.com/doc/429424>
- Aborokbah, M. (2021). Using augmented reality to support children with dyslexia. *International Journal of Cloud Computing*, 10(1-2), 17-25. [10.1504/IJCC.2021.113972](https://doi.org/10.1504/IJCC.2021.113972)
- Ahmadi, G., Pashazadehazari, Z., Esmaili, S. K., & Jamebozorgi, A. (2025). Investigating the relationship between executive function and participation in leisure activities in adolescents aged 12-17 with specific learning disorder. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies*, 12(12). <https://doi.org/10.5812/mejrh-159183>
- Ahmed, E. M. (2019). The effectiveness of augmented reality technology (AR) in reducing attention deficiency disorder (ADD) for children with learning disabilities (LD). *Egyptian Journal of Social Work*, 8(1), 157-178. [10.21608/EJSW.2019.6979.1028](https://doi.org/10.21608/EJSW.2019.6979.1028)
- Alzahrani, I. A. (2017). The extent of using augmented reality technologies in improving the abilities of students with learning difficulties (dyscalculia) in learning and achievement. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 35(1-4), 25-39. [10.51758/AGJSR-1/2/3/4-2017-0003](https://doi.org/10.51758/AGJSR-1/2/3/4-2017-0003)
- Avila-Pesantez, D. F., Vaca-Cardenas, L. A., Delgadillo Avila, R., Padilla Padilla, N., & Rivera, L. A. (2018). Design of an augmented reality serious game for children with dyscalculia: A case study. In *International Conference on Technology Trends* (pp. 165-175). Springer. [10.1007/978-3-030-05532-5_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05532-5_12)

1 Conrad

2 Yang

- Bozatlı, L., Aykutlu, H. C., Sivrikaya Giray, A., Ataş, T., Özkan, Ç., Güneydaş Yıldırım, B., et al. (2024). Children at risk of specific learning disorder: A study on prevalence and risk factors. *Children*, 11(7), 759. <https://doi.org/10.3390/children11070759>
- Conrad, M., Kablitz, D., & Schumann, S. (2024). Learning effectiveness of immersive virtual reality in education and training: A systematic review of findings. *Computers & Education: X Reality*, 4, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100053>
- Corvace, G., Greci, L., Antonietti, A., Cancer, A., Arlati, S., & Sacco, M. (2020). An immersive virtual reality application for the rehabilitation of children with dyslexia. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 2020, 165. <http://hdl.handle.net/10807/188603>
- Di Giusto, V., Purpura, G., Zorzi, C. F., Blonda, R., Brazzoli, E., Meriggi, P., et al. (2023). Virtual reality rehabilitation program on executive functions of children with specific learning disorders: A pilot study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1241860. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1241860>
- Doulou, A., & Drigas, A. (2022). Electronic, VR & augmented reality games for intervention in ADHD. *Technium Soc. Sci. J.*, 28, 159.
- Drigas, A., Mitsea, E., & Skianis, C. (2022). Virtual reality and metacognition training techniques for learning disabilities. *Sustainability*, 14(16), 10170. <https://doi.org/10.3390/su141610170>
- Elfakki, A. O., Sghaier, S., & Alotaibi, A. A. (2023). An efficient system based on experimental laboratory in 3D virtual environment for students with learning disabilities. *Electronics*, 12(4), 989. <https://doi.org/10.3390/electronics12040989>
- Flores-Gallegos, R., Rodríguez-Leis, P., & Fernández, T. (2022). Effects of a virtual reality training program on visual attention and motor performance in children with reading learning disability. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, 100394. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100394>
- Georgiev, D. D., Georgieva, I., Gong, Z., Nanjappan, V., & Georgiev, G. V. (2021). Virtual reality for neurorehabilitation and cognitive enhancement. *Brain sciences*, 11(2), 221. doi: 10.3390/brainsci11020221.
- Hurwitz, L. B., & Vanacore, K. P. (2023). Educational technology in support of elementary students with reading or language-based disabilities: A cluster randomized control trial. *Journal of Learning Disabilities*, 56(6), 453–466. <https://doi.org/10.1177/00222194221141093>
- Hussain, H., Faisal, C. M. N., Habib, M. A., Gonzalez-Rodriguez, M., Fernandez-Lanvin, D., & De Andres, J. (2023). *ARLexic game: An augmented reality-based serious game for training of dyslexic and dysgraphic children*. *Virtual Reality*, 27(4), 3649–3663. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00839-1>
- Karami, B., Koushki, R., Arabgol, F., Rahmani, M., & Vahabie, A. H. (2021). Effectiveness of virtual/augmented reality-based therapeutic interventions on individuals with autism spectrum disorder: a comprehensive meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 665326. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.665326>
- Kellems, R. O., Eichelberger, C., Cacciatore, G., Jensen, M., Frazier, B., Simons, K., et al. (2020). Using video-based instruction via augmented reality to teach mathematics to middle school students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 53(4), 277–291. <https://doi.org/10.1177/0022219419886526>
- Khan, M. F., Hussain, M. A., Ahsan, K., Saeed, M., Nadeem, A., Ali, S. A., et al. (2017). Augmented reality-based spelling assistance to dysgraphia students. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 13, 500–507. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2016.075690>
- Lazo-Amado, M., & Andrade-Arenas, L. (2023). Designing a mobile application for children with dyslexia in primary education using augmented reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(2). <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i02.35581>
- Lazo-Amado, M., Cueva-Ruiz, L., & Andrade-Arenas, L. (2022). Prototyping a mobile application for children with dyscalculia in primary education using augmented reality. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(10). DOI: 10.14569/IJACSA.2022.0131085
- Lozano-Álvarez, M., Rodríguez-Cano, S., Delgado-Benito, V., & Mercado-Val, E. (2023). A systematic review of literature on emerging technologies and specific learning difficulties. *Education Sciences*, 13(3), 298. <https://doi.org/10.3390/educsci13030298>
- Maresca, G., Leonardi, S., De Cola, M. C., Giliberto, S., Di Cara, M., Corallo, F., et al. (2022). Use of virtual reality in children with dyslexia. *Children*, 9(11), 1621. <https://doi.org/10.3390/children9111621>
- Maskati, E., Alkeraim, F., Khalil, N., Baik, R., Aljuhani, R., & Alsobhi, A. (2021). Using virtual reality (VR) in teaching students with dyslexia. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(9), 291–305. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i09.19653>
- Miundy, K., Zaman, H. B., Nordin, A., & Ng, K. H. (2019). Screening test on dyscalculia learners to develop a suitable augmented reality (AR) assistive learning application. *Malaysian Journal of Computer Science*, 92–107. <https://doi.org/10.22452/mjcs.sp2019no1.7>
- Miundy, K., Zaman, H. B., Nosrdin, A., & Ng, K. H. (2019). Evaluation of visual-based augmented reality (AR) learning application (V-ARA-Dculia) for dyscalculia learners. *JOIV International Journal on Informatics Visualization*, 3(4), 343–354. <http://dx.doi.org/10.30630/joiv.3.4.321>
- Pedroli, E., Padula, P., Guala, A., Meardi, M. T., Riva, G., & Albani, G. (2017). A psychometric tool for a virtual reality rehabilitation approach for dyslexia. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2017(1), 7048676. <https://doi.org/10.1155/2017/7048676>

- Rahman, N. A., Mailok, R., & Husain, N. M. (2020). Mobile augmented reality learning application for students with learning disabilities. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(2), 133–141. [10.6007/IJARBS/v10-i2/6896](https://doi.org/10.6007/IJARBS/v10-i2/6896)
- Rega, A., & Mennitto, A. (2017). Augmented reality as an educational and rehabilitation support for developmental dyslexia. In ICERI2017 Proceedings (pp. 6969–6972). IATED. [10.21125/iceri.2017.1828](https://doi.org/10.21125/iceri.2017.1828)
- Rizzo, A. S. (2022). *Applications of virtual reality in neuropsychological and psychotherapeutic interventions* (H. Zare, Trans.). Tehran. [Persian] [10.1037/0033-3204.40.1-2.55](https://doi.org/10.1037/0033-3204.40.1-2.55)
- Romero-Ayuso, D., Toledano-González, A., Rodríguez-Martínez, M. D. C., Arroyo-Castillo, P., Triviño-Juárez, J. M., González, P., ... & Segura-Fragoso, A. (2021). Effectiveness of virtual reality-based interventions for children and adolescents with ADHD: a systematic review and meta-analysis. *Children*, 8(2), 70. [doi: 10.3390/children8020070](https://doi.org/10.3390/children8020070).
- Saunier, L., Panouilleres, M., Fetita, C., & Preda, M. (2022). Visual rehabilitation for learning disorders in virtual reality: Visual rehabilitation for learning disorder in VR. In *Proceedings of the 27th International Conference on 3D Web Technology* (pp. 1–4). [10.1145/3564533.3564574](https://doi.org/10.1145/3564533.3564574)
- Shaban, A., Chang, V., Amodu, O. D., Attia, M. R., & Abdelhamid, G. S. M. (2024). A systematic review of working memory applications for children with learning difficulties: Transfer outcomes and design principles. *Education Sciences*, 14(11), 1260. <https://doi.org/10.3390/educsci14111260>
- Tenemaza, M., Navarrete, R., Jaramillo, E., & Rodriguez, A. (2018, June). Specific dyslexia exploratory test (TEDE): Two tasks using augmented reality. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 925-933). Cham: Springer International Publishing. [10.1007/978-3-319-94947-5_91](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94947-5_91)
- Turan, Z., & Atila, G. (2021). Augmented reality technology in science education for students with specific learning difficulties: Its effect on students' learning and views. *Research in Science & Technological Education*, 39(4), 506–524. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1684941>
- Voultsiou, E., & Moussiades, L. (2025). A systematic review of AI, VR, and LLM applications in special education: Opportunities, challenges, and future directions. *Education and Information Technologies*, 1-41. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13550-4>
- Wiliyanto, D. A., Gunarhadi, G., Anggarani, F. K., Yusuf, M., & Subagya, S. (2022). Development of augmented reality-based learning models for students with specific learning disabilities. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(8), 2915-2926. <https://orcid.org/0000-0001-7787-4441>
- Yang, X., Wu, J., Ma, Y., Yu, J., Cao, H., Zeng, A., et al. (2025). Effectiveness of virtual reality technology interventions in improving the social skills of children and adolescents with autism: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e60845. <https://doi.org/10.2196/60845>
- Yenioglu, B. Y., Yenioglu, S., Sayar, K., & Ergulec, F. (2024). Using augmented reality-based intervention to teach science to students with learning disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 39(1), 108–119. <https://doi.org/10.1177/01626434231176008>
- Zhang, F., Zhang, Y., Li, G., & Luo, H. (2023). Using virtual reality interventions to promote social and emotional learning for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Children*, 11(1), 41. <https://doi.org/10.3390/children11010041>