Journal of Empowering Exceptional Children

ISSN: 2588-3488-Online ISSN: 2645-3630

Volume 17, Issue 2, Summer 2026, 42-66

Qualitative Research Synthesis of the Application of Deep Learning in Video Analysis of Social Interactions for Early Diagnosis of Autism Spectrum Disorder in Preschool Children

Rahim Moradi [1*], Mozhgan Ghanat [2]

Abstract

Early diagnosis of autism spectrum disorder (ASD) in preschool children requires a precise analysis of social interactions, which is often prone to subjectivity and human error when using traditional methods. Deep learning, with its ability to automatically extract complex patterns from video data, offers a novel opportunity to enhance diagnostic accuracy and objectivity. This research synthesis aimed to systematically analyze the applications of deep learning in the video analysis of social interactions for the early identification of ASD symptoms in children aged 4 to 6 years. The study was conducted using a qualitative research synthesis method following the PRISMA guidelines. A systematic search was performed across Scopus, Web of Science, PubMed, ERIC, and specialized Persian journals for the period between 2013 and 2025. Following the application of inclusion criteria (empirical studies utilizing deep learning models to analyze social interaction videos of preschool children with or without ASD) and exclusion criteria (indirect studies, reviews without primary data), 27 eligible studies were selected. Data analysis was carried out using a two-stage coding method (open codes →\rightarrow→ concepts →\rightarrow→ core components) assisted by MAXQDA 2022 software. The quality of the included studies was appraised using the CASP checklist. From the analysis of 112 initial codes, 14 concepts and ultimately 6 key components were extracted, which are characterized by three distinguishing features: (1) focusing on objective behavioral indicators such as gaze tracking, motor coordination, and facial micro-expressions using CNN and LSTM models; (2) multimodal data fusion by combining video with neural (EEG) and physiological (GSR) signals within multi-model architectures; and (3) designing smart interactive environments based on robotics and serious games that simultaneously collect data and deliver educational interventions. Most importantly, this synthesis revealed that previous studies have predominantly focused on diagnostic accuracy (up to 94%), while seriously neglecting ethical dimensions (privacy of children's video data), the generalizability of models to culturally diverse populations (including Iranian children), and algorithmic transparency. In conclusion, although deep learning holds transformative potential for the early diagnosis of ASD, transitioning from the laboratory to clinical practice requires the development of an ethical-pedagogical framework that integrates algorithmic objectivity with cultural sensitivities and children's rights. Future research is recommended to: (1) develop transfer learning models to adapt Western architectures to the behavioral characteristics of Iranian children; (2) collaborate with child psychology experts to define criteria for "healthy interaction" within the Iranian population to prevent cultural bias in data labeling; and (3) design localized platforms for collecting and sharing anonymized video data of Iranian children in compliance with personal data protection regulations.

Keywords: Autism Spectrum Disorder, Deep Learning, Early Diagnosis, Preschool Children, Social Interactions, Video Analysis

Submission: 14 December 2025 **Revised: 30 May 2026** **Acceptance: 31 May 2026**

1. **Corresponding author:** Associate Professor, Department of Educational Sciences, Faculty of Humanities, University of Arak, Arak, Iran. E-mail: *r-moradi@araku.ac.ir*

2. M.A. in Educational Technology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Downloaded from www.cecirani.ir

نشریهٔ توانمندسازی کودکان استثنایی
شاپا: ۳۴۸۸-۲۵۸۸– شاپا الکترونیکی: ۳۶۳۰-۲۶۴۵
سال ۱۷، شماره ۲، شماره پیاپی ۵۵، تابستان ۱۴۰۵، صفحه ۴۲-۶۶

سنتزپژوهی کیفی کاربرد یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده در کودکان پیش‌دبستانی

رحیم مرادی [۱*]، مژگان قنات [۲]

Downloaded from www.ceciranj.ir

چکیده

تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده (ASD) در کودکان پیش‌دبستانی مستلزم تحلیل دقیق تعاملات اجتماعی است که با روش‌های سنتی همراه با ذهنیت و خطای انسانی است. یادگیری عمیق با قابلیت استخراج خودکار الگوهای پیچیده از داده‌های ویدئویی، فرصتی نوین برای ارتقای دقت و عینیت تشخیص فراهم می‌کند. این سنتزپژوهی با هدف تحلیل نظام‌مند کاربردهای یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای شناسایی زودهنگام علائم اختلال طیف خودمانده در کودکان ۴ تا ۶ سال انجام شد. این مطالعه با روش سنتزپژوهی کیفی و با پیروی از دستورالعمل PRISMA انجام گرفت. جست‌وجوی سیستماتیک در پایگاه‌های اسکوپوس، وب آو ساینس، پابمد، اریک و مجله‌های تخصصی فارسی در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۵ انجام شد. پس از اعمال معیارهای ورود (مطالعات تجربی با استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق برای تحلیل ویدئوی تعاملات اجتماعی کودکان پیش‌دبستانی با/بدون اختلال طیف خودمانده) و معیارهای خروج (مطالعات غیرمستقیم، مروری بدون داده اولیه)، ۲۷ مطالعه واجد شرایط انتخاب شدند. تحلیل داده‌ها با روش کدبندی دو مرحله‌ای (کدهای باز ← مفاهیم ← مؤلفه‌های اصلی) و با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA 2022 انجام پذیرفت. کیفیت مطالعات با چک‌لیست CASP ارزیابی شد. از تحلیل ۱۱۲ کد اولیه، ۱۴ مفهوم و در نهایت ۶ مؤلفه کلیدی استخراج گردید که سه ویژگی تمایزدهنده دارند: (۱) تمرکز بر شاخص‌های رفتاری عینی مانند تحلیل حرکات چشم، هماهنگی حرکتی و میکروحرکات چهره با مدل‌های CNN وLSTM ؛ (۲) تلفیق چندوجهی داده‌ها از طریق ترکیب ویدئو با سیگنال‌های عصبی (EEG) و فیزیولوژیک (GSR) در معماری‌های چندمدلی ؛ (۳) طراحی محیط‌های تعاملی هوشمند مبتنی بر ربات‌ها و بازی‌های جدی که همزمان هم داده جمع‌آوری و هم مداخله آموزشی انجام می‌دهند. مهم‌تر از همه، این سنتزپژوهی نشان داد که مطالعات پیشین عمدتاً بر دقت تشخیصی (تا ٪۹۴) تمرکز کرده‌اند، در حالی که ابعاد اخلاقی (حریم خصوصی داده‌های ویدئویی کودکان)، قابلیت تعمیم مدل‌ها به جمعیت‌های فرهنگی متنوع (شامل کودکان ایرانی) و شفافیت الگوریتمی به‌طور جدی نادیده گرفته شده‌اند. در نتیجه می‌توان گفت که یادگیری عمیق پتانسیل تحول‌آفرینی در تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده را دارد، اما گذار از آزمایشگاه به کاربست بالینی مستلزم توسعه چارچوبی اخلاقی–تربیتی است که عینیت الگوریتمی را با حساسیت‌های فرهنگی و حقوق کودک تلفیق کند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده: (۱) مدل‌های یادگیری انتقالی را برای تطبیق معماری‌های غربی با ویژگی‌های رفتاری کودکان ایرانی توسعه دهند؛ (۲) با مشارکت متخصصان روان‌شناسی کودک، معیارهای «تعامل سالم» را برای جمعیت ایرانی تدوین کنند تا از سوگیری فرهنگی در برچسب‌گذاری داده‌ها جلوگیری شود؛ و (۳) پلتفرم‌های بومی برای جمع‌آوری و اشتراک‌گذاری داده‌های ویدئویی آنونیم‌شده کودکان ایرانی با رعایت قانون حمایت از داده‌های شخصی طراحی شود.

کلیدواژه‌ها: اختلال طیف خودمانده، تشخیص زودهنگام، یادگیری عمیق، تحلیل ویدئویی، تعاملات اجتماعی، کودکان پیش‌دبستانی

تاریخ دریافت: ۲۳ آذر ۱۴۰۴ تاریخ بازنگری: ۹ خرداد ۱۴۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۰ خرداد ۱۴۰۵

۱. **نویسنده مسئول:** دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. ایمیل: r-moradi@araku.ac.ir
۲ . کارشناس ارشد تکنولوژی آموزشی، دانشکده روان شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

مقدمه

اختلال طیف خودمانده [1] به عنوان یک چالش عصبی–رشدی پیچیده شناخته می‌شود که با نقایص پایدار در ارتباطات اجتماعی و الگوهای رفتاری محدود و تکراری مشخص می‌گردد (جین[2] و همکاران، ۲۰۲۴). این نوع مهارتهای ارتباطی و اجتماعی را به شدت مختل می‌کند(حسن زاده و همکاران، ۱۴۰۴). در دهه اخیر، افزایش چشمگیر در نرخ شیوع این اختلال – که اکنون از هر ۳۶ کودک، ۱ کودک را تحت تأثیر قرار می‌دهد – همراه با طیف وسیعی از تظاهرات بالینی، توجه پژوهشگران را به ضرورت توسعه روش‌های تشخیصی کارآمدتر معطوف کرده است (اودین[3] و همکاران، ۲۰۲۴). در این زمینه، تشخیص زودهنگام از اهمیت راهبردی برخوردار است، زیرا شواهد قوی نشان می‌دهد که مداخلات به موقع می‌تواند به طور معناداری مسیر رشد عصبی را تغییر داده و نتایج بلندمدت را در حوزه مهارت‌های ارتباطی و اجتماعی بهبود بخشد (پارک[4] و همکاران، ۲۰۲۴).

با این وجود، روش‌های مرسوم تشخیصی مانند مشاهده بالینی ساختاریافته و پرسشنامه‌های استاندارد با محدودیت‌های ذاتی مواجه هستند. این روش‌ها عمدتاً زمان‌بر، پرهزینه و در نهایت، متکی به قضاوت ذهنی متخصص می‌باشند (عباس[5] و همکاران، ۲۰۲۵). یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها، شناسایی علائم رفتاری ظریف و الگوهای تعامل اجتماعی است که ممکن است در مراحل اولیه رشد کودک، به ویژه در محیط‌های طبیعی، به سادگی نادیده گرفته شوند. ابزارهای سنتی اغلب فاقد حساسیت لازم برای تشخیص این نشانه‌های ظریف بوده و به دلیل وابستگی به گزارش‌های ذهنی، ممکن است به نتایج ناسازگاری منجر گردند (چن[6] و همکاران، ۲۰۲۴). در نتیجه‌ی این موضوع، کودکان با اختلال طیف خودمانده فرصت‌های یادگیری قابل توجهی را از دست می‌دهند(زارعی مردخه و همکاران، ۱۴۰۵).

این کاستی‌ها، نیاز مبرمی را برای توسعه روش‌های تشخیصی عینی، مقیاس‌پذیر و مبتنی بر شواهد عینی ایجاد کرده است. یکی از نمودهای بارز استفاده از تلفیق فناوری در آموزش ویژه، کاربرد هوش مصنوعی است. طیف وسیعی از رویکردهای هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین، یادگیری عمیق و... در حال گسترش پیدا کردن هستند(مرادی و کاشی، ۱۴۰۳). در این راستا، پیشرفت‌های انقلابی در حوزه هوش مصنوعی[7] و به طور خاص، شاخه یادگیری عمیق[8]، پارادایم جدیدی را در غربالگری و تشخیص اختلالات رشدی ارائه کرده است. به عبارت دیگر استفاده از از فناوری‌ها به دلیل تخصصی بودن حوزه‌ی کاری، تعیین کننده موفقیت در رسیدن به اهداف آموزش و پرورش استثنایی است(مرادی و زارعی زوارکی، ۱۳۹۳).

بر اساس یافته‌های مرور نظام‌مند یانگ[9] و همکاران (۲۰۲۵)، اختلالات حرکتی در ۸۵ تا ۹۰٪ موارد طیف خودمانده مشاهده می‌شود و مدل‌های مبتنی بر مهارت‌های حرکتی در تشخیص طیف خودمانده از سایر سیگنال‌های زیستی مانند حرکات چشم و پاسخ‌های رفتاری عملکرد بهتری دارند. به‌علاوه به‌تأکید این پژوهش، روش‌های مبتنی بر ویدئو به دلیل غیرتهاجمی بودن و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده، برای غربالگری کودکان در سنین پایین بسیار مناسب هستند. بنابراین این فناوری با استخراج خودکار ویژگی‌های حرکتی از ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند بر محدودیت‌های روش‌های سنتی از جمله وابستگی به قضاوت ذهنی و زمان‌بر بودن فرآیند تشخیص غلبه کند و به عنوان ابزاری کارآمد در کنار روش‌های بالینی موجود مورد استفاده قرار گیرد.

یادگیری عمیق ریز که بر یادگیری نمایش‌های سلسله‌مراتبی[10] از داده‌ها از طریق معماری‌های عصبی چندلایه (معمولاً با بیش از سه لایه پنهان) تمرکز دارد. برخلاف روش‌های سنتی یادگیری ماشین که مستلزم مهندسی دستی ویژگی‌ها[11] هستند، یادگیری عمیق

1. Autism Spectrum Disorder
2. Jin
3. Uddin
4. Park
5. Abbas
6. Chen
7. Artificial Intelligence
8. Deep Learning
9. Yang
10. Hierarchical Representations
11. Feature Engineering

قادر است به‌صورت خودکار و سلسله‌مراتبی ویژگی‌های پیچیده را از داده‌های خام (مانند پیکسل‌های تصویر یا نمونه‌های صوتی) استخراج کند—از ویژگی‌های سطح پایین (لبه‌ها، بافت‌ها) تا مفاهیم سطح بالا (چهره‌ها، اشیاء، رفتارها). این فرآیند با بهینه‌سازی تابع هزینه از طریق الگوریتم پس‌انتشار خطا[1] در شبکه‌های عصبی عمیق انجام می‌شود(گودفلو، بنگیو، کورویل، و بنگیو ۲۰۱۶). یادگیری عمیق، به عنوان یک زیرشاخه قدرتمند از هوش مصنوعی، با توانایی ذاتی خود در استخراج الگوهای پیچیده از حجم عظیمی از داده‌های خام (مانند ویدئو)، می‌تواند نشانگرهای رفتاری مشخصه طیف خودمانده را با دقتی بی‌سابقه شناسایی کند (عطلام[2] و همکاران، ۲۰۲۵). به طور مشخص، این فناوری قادر است رفتارهای غیرکلامی ظریف، حالات چهره و الگوهای حرکتی را در ویدئوهای تعاملات اجتماعی کودکان پیش‌دبستانی تحلیل نماید و به عنوان یک ابزار غربالگری مکمل یا جایگزین برای روش‌های سنتی عمل کند. شفیعی و همکاران (۲۰۲۳) در مرور نظام‌مند خود نیز نشان دادند که فناوری کمکی در آموزش و درمان کودکان با اختلال طیف خودمانده مؤثر است و می‌تواند به عنوان ابزاری کمکی در فرایند یاددهی-یادگیری این کودکان مورد استفاده قرار گیرد.

یافته‌های پژوهش مرادی و کاشی (۱۴۰۳) تحت عنوان واکاوی و شناسایی قابلیتهای حمایتی هوش مصنوعی برای افراد دارای اختلال طیف اوتیسم: یک مطالعه نظام‌مند نشان داد قابلیت های پشتیبان و حمایتی هوش مصنوعی برای افراد دارای اختلال طیف اوتیسم شامل ارتباطات و تعاملات اجتماعی؛ حمایت های عاطفی – احساسی و در نهایت حمایت های شناختی است. همچنین چالش هایی که استفاده از هوش مصنوعی در قالب اقدامات حمایتی مذکور در حوزه های مختلف با آن روبرو است نظیر سوگیری، سیستم دقت در ارائه مداخلات عدم قابل توضیح بودن عمده مدل های هوش مصنوعی به زبان انسان، مقرون به صرفه بودن و عدم رعایت حریم خصوصی نیز با توجه به حیطه های مذکور بررسی شده است.

اگرچه مطالعات اولیه مانند طارق و همکاران (۲۰۱۹) و عباس و همکاران (۲۰۱۸) پتانسیل استفاده از ویدئوهای خانگی را نشان داده‌اند، ولیکن بسیاری بر ویدئوهای غیرساختاری یا تلفیق با پرسشنامه متکی بودند. روند پژوهشی برای دستیابی به عینیت و مقیاس‌پذیری بالاتر به سمت استانداردسازی روش‌ها حرکت کرد. در گامی فراتر، کیم[3] و همکاران (۲۰۲۵) با طراحی پروتکل‌های ویدئویی کوتاه و ساختاریافته (مانند پاسخ به نام و تقلید) که توسط والدین در خانه اجرا می‌شود نمونه‌ای عملی از حرکت به سمت ابزارهای غربالگری عینی، مقیاس‌پذیر و با اعتبار بوم‌شناختی بالا ارائه کردند. شواهد فراتحلیلی نشان می‌دهند که اگرچه فناوری‌های ویدئویی کمک‌کننده از دقت تشخیص خوبی برخوردارند اما غالب مطالعات بر نمونه‌های ارجاع‌شده متمرکز بوده و اعتبارسنجی آن‌ها در جمعیت‌های عمومی کودکان پیش‌دبستانی با ریسک پایین‌تر به طور گسترده انجام نشده است (وانگ[4] و همکاران، ۲۰۲۵). این امر همراه با تمرکز جغرافیایی نامتوازن تحقیقات، لزوم بررسی کارایی و تطبیق‌پذیری فرهنگی این ابزارها در بافت‌های مختلف را برجسته می‌سازد.

برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که یادگیری عمیق در مداخلات آموزشی کودکان مبتلا به اختلال طیف خودمانده موفقیت‌هایی را به‌دنبال داشته است؛ با این حال، همچنان نیاز مبرمی به شخصی‌سازی بیشتر و تطبیق این فناوری‌ها با ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر کودک احساس می‌شود. مرور پیشینه پژوهشی حاکی از آن است که اگرچه مطالعات متعددی به کاربست یادگیری عمیق در تشخیص طیف خودمانده پرداخته‌اند، تمرکز اغلب آن‌ها بر دوران مدرسه‌ای یا استفاده از داده‌های ایستا (مانند تصاویر ثابت یا پرسشنامه‌ها) بوده و کمتر به تحلیل داده‌های پویای ویدئویی در دوران پیش‌دبستانی توجه شده است. برای نمونه، پراکاش[5] و همکاران (۲۰۲۵) و کای[6] و همکاران (۲۰۲۲) با به کارگیری شبکه‌های عصبی عمیق بر روی ویدئوها، به دقت‌های بالایی در تشخیص طیف خودمانده دست یافتند. همچنین، مطالعاتی مانند دربالی[7] و همکاران (۲۰۲۳) و بیری[8] و همکاران (۲۰۲۰) بر تحلیل حالات چهره و زونینو و همکاران

1. Backpropagation
2. Atlam
3. Kim
4. Wang
5. Prakash
6. Cai
7. Derbali
8. Beary

(۲۰۱۸) بر تحلیل ژست‌ها به عنوان نشانگرهای رفتاری تأکید کرده‌اند. با این حال، تعداد مطالعاتی که به طور خاص بر تشخیص زودهنگام طیف خودمانده در کودکان پیش‌دبستانی با استفاده از تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی در محیط‌های طبیعی متمرکز شده باشند، محدود است. در این زمینه، قوتی و همکاران (۲۰۲۵) در بررسی مهارت‌های ارتباطی اولیه کودکان ۳ تا ۵ ساله با اختلال طیف خودمانده نشان دادند که این کودکان در مهارت‌هایی نظیر تماس چشمی، حرکات بیانگر و توجه اشتراکی که از نشانگرهای کلیدی تعاملات اجتماعی هستند، نقص اساسی دارند. مرادی و همکاران (۲۰۲۵) در واکاوی تجربه معلمان دانش‌آموزان با اختلال طیف خودمانده از آموزش مجازی، به چالش‌هایی از قبیل مشکلات ارتباطی و افت توجه و نیز فرصت‌هایی چون گسترش مهارت‌های فناورانه معلمان اشاره کردند. این امر شکافی است که پژوهش حاضر قصد دارد به آن بپردازد.

مسئله دیگر، عدم توجه کافی به تفاوت‌های فردی است. ابزارهای فعلی عمدتاً کلی‌نگر هستند و در شناسایی دقیق تفاوت‌های منحصربه‌فرد در پروفایل رفتاری هر کودک ناتوان عمل می‌کنند (پروچون[1] و همکاران، ۲۰۲۳). این امر باعث کاهش دقت و کارایی مدل‌ها در محیط‌های واقعی می‌شود و نیاز به توسعه مدل‌های انعطاف‌پذیر و قابل تطبیق را پررنگ می‌سازد. افزون بر این، یک شکاف پژوهشی عمده، کمبود مطالعات طولی است. بیشتر پژوهش‌های موجود مقطعی هستند و توانایی این ابزارها را در ردیابی تغییرات رشدی و ارزیابی اثربخشی بلندمدت آن‌ها بررسی نکرده‌اند (غصن[2] و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، با توجه به خلأهای پژوهشی فوق، این مطالعه به بررسی قابلیت‌های یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام علائم طیف خودمانده در کودکان پیش‌دبستانی می‌پردازد. هدف نهایی، کمک به توسعه روشی عینی، قابل اعتماد و مقیاس‌پذیر است که بتواند مداخلات به موقع را امکان‌پذیر ساخته و سهمی در بهبود کیفیت زندگی کودکان دارای اختلال طیف خودمانده و خانواده‌های آن‌ها ایفا کند.

روش

روش مورد استفاده در این پژوهش، سنتزپژوهی کیفی بود که با پیروی از دستورالعمل بین‌المللی PRISMA 2020 انجام شد. در این راستا، مقالات علمی مرتبط با کاربرد یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده در کودکان پیش‌دبستانی مورد بررسی قرار گرفتند. جست‌وجوی سیستماتیک در پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی شامل PubMed، Scopus، Web of Science، ERIC، ScienceDirect، Springer و Google Scholar در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۵ انجام شد. کلیدواژه‌های اصلی جست‌وجو عبارت بودند از: Autism Spectrum Disorder، Social interaction و Deep learning که با مترادف‌های مرتبط از جمله screening، assessment، early detection، preschool children و computer vision و در ترکیب با عملگرهای بولی AND و OR گسترش یافتند.انتخاب نهایی منابع در سه مرحله و بر اساس معیارهای ورود و خروج از پیش تعیین‌شده انجام پذیرفت.

معیارهای ورود شامل مطالعات تجربی (نه مروری یا نظری) با استفاده از معماری‌های یادگیری عمیق (مانند CNN، LSTM، Transformer)؛ تحلیل ویدئوی پویا از تعاملات اجتماعی کودکان در گروه سنی ۲ تا ۶ سال؛ گزارش یافته‌های مرتبط با تشخیص، غربالگری یا ارزیابی رفتارهای مرتبط با اختلال طیف خودمانده ؛ انتشار در مجلات علمی دارای داوری همتا (peer-reviewed) در بازه زمانی مذکور و دسترسی به متن کامل مقاله به زبان انگلیسی بود. لازم به ذکر است که تمرکز پژوهش حاضر بر مطالعاتی بود که مستقیماً به کاربرد یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی پرداخته‌اند. با توجه به اینکه اغلب مطالعات فارسی در این حوزه یا به موضوعاتی غیر از تحلیل ویدئویی پرداخته‌اند و یا از یادگیری عمیق برای استخراج خودکار ویژگی‌های رفتاری استفاده نکرده‌اند بنابراین معیارهای ورود به سنتزپژوهی حاضر را به طور کامل نداشتند. به همین سبب چند مطالعه محدود صرفاً برای پشتیبانی استدلال‌ها و ایجاد پیوند با ادبیات پژوهشی ایران در بخش‌های مقدمه و بحث مورد استناد قرار گرفته‌اند. همچنین

1. Perochon
2. Ghosn

معیارهای خروج شامل مطالعات مبتنی صرفاً بر داده‌های ایستا (پرسشنامه، تصویر ثابت، نتایج آزمایشگاهی بدون تحلیل ویدئویی)؛ مقالات غیرانگلیسی یا مقالاتی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود؛ مطالعات مربوط به کودکان خارج از گروه سنی ۲–۶ سال یا بزرگسالان؛ مقالات کنفرانسی بدون داوری کامل یا با گزارش ناقص روش‌شناسی و مطالعاتی که یادگیری عمیق را تنها برای پیش‌پردازش داده (نه استخراج ویژگی‌های رفتاری) به‌کار برده بودند.انتخاب نهایی مقالات در سه مرحله انجام پذیرفت:

مرحله اول: حذف موارد تکراری با استفاده از نرم‌افزار EndNote v20؛

مرحله دوم: غربالگری عنوان و چکیده بر اساس معیارهای ورود (مقالات تجربی با تحلیل ویدئوی پویای تعاملات اجتماعی کودکان ۲–۶ سال مبتلا به طیف خودمانده با استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق) و معیارهای خروج (مقالات غیرانگلیسی، مقالات بدون دسترسی به متن کامل، مطالعات مبتنی صرفاً بر داده‌های ایستا مانند پرسشنامه یا تصویر ثابت)؛

مرحله سوم: بررسی متن کامل مقالات واجد شرایط و ارزیابی کیفیت آن‌ها با چک‌لیست CASP.

در نهایت این فرآیند منجر به انتخاب ۲۹ مطالعه برای سنتز اصلی گردید و تحلیل داده‌ها با روش کدبندی سه‌مرحله‌ای (باز ← محوری ← گزینشی) در نرم‌افزار MAXQDA 2022 انجام شد.

شیوه اجرای پژوهش

مشخصات ۲۹ پژوهش منتخبِ بررسی‌شده، جهت شناسایی قابلیت‌های یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام علائم طیف خودمانده در کودکان پیش‌دبستانی، در جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱. مشخصات پژوهش‌های منتخب در این سنتزپژوهی

کد	نویسندگان (سال)	عنوان مقاله	روش پژوهش	تمرکز پژوهش	معیارهای نتیجه‌گیری
۱	یانگ و همکاران (۲۰۲۵)	تشخیص زودهنگام طیف خودمانده: مروری بر تکنیک‌های تحلیل حرکت مبتنی بر ویدئو و یادگیری عمیق	مروری نظام‌مند	تحلیل حرکت از ویدئو برای تشخیص	اثربخشی تکنیک‌های یادگیری عمیق
۲	پراکاش[1] و همکاران (۲۰۲۵)	ارزیابی و تشخیص بلادرنگ اختلال طیف خودمانده با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق مبتنی بر ویدئو	یادگیری عمیق	تشخیص بلادرنگ از ویدئو	دقت تشخیص مدل
۳	دربالی[2] و همکاران (۲۰۲۳)	تشخیص اختلال طیف خودمانده : تشخیص حالات چهره مبتنی بر بازی‌های ویدئویی با استفاده از یادگیری عمیق	یادگیری عمیق	تشخیص از طریق حالات چهره در بازی‌ها	دقت تشخیص از روی ویدئو
٤	کای[3] و همکاران (۲۰۲۲)	یک چارچوب پیشرفته یادگیری عمیق برای تشخیص مبتنی بر ویدئو	یادگیری عمیق	تشخیص ویدئویی طیف خودمانده	دقت در مجموعه داده‌های پزشکی
٥	سلیمان[4] و همکاران (۲۰۲۲)	تشخیص اختلال طیف خودمانده با استفاده از ویژگی‌های هیجانی از ضبط‌های ویدئویی: توسعه و اعتبارسنجی مدل	یادگیری عمیق	تشخیص از طریق ویژگی‌های هیجانی	اعتبارسنجی مدل بر اساس ویدئو
٦	طارق[5] و همکاران (۲۰۱۹)	تشخیص تاخیر رشدی و طیف خودمانده از طریق مدل‌های یادگیری ماشین با استفاده از ویدئوهای خانگی کودکان بنگلادشی	یادگیری ماشین	تشخیص از طریق ویدئوهای خانگی	توسعه و اعتبارسنجی مدل
۷	جین[1] و همکاران	ارزش تشخیصی زودهنگام یادگیری ماشین مبتنی	فراتحلیل	ارزش تشخیصی ویدئوهای	نتایج فراتحلیل

1. Prakash
2. Derbali
3. Cai
4. Sleiman
5. Tariq

	(۲۰۲۴)	بر ویدئوهای خانگی در اختلال طیف خودمانده : یک فراتحلیل		خانگی	مطالعات موجود
۸	وو[۲] و همکاران (۲۰۲۱)	تشخیص اختلال طیف خودمانده از ویدئوها بر اساس یادگیری ماشین	یادگیری ماشین	تشخیص از ویدئو	دقت تشخیص مدل
۹	هاتو[۳] (۲۰۲۴)	رویکردهای یادگیری عمیق برای پیش‌بینی تشخیص اختلال طیف خودمانده از داده‌های ویدئویی	یادگیری عمیق	پیش‌بینی تشخیص از داده ویدئویی	پایان‌نامه (استنتاج از داده ویدئویی(
۱۰	عباس[۴] و همکاران (۲۰۲۷)	یادگیری ماشین برای تشخیص زودهنگام طیف خودمانده با استفاده از پرسشنامه والدین و غربالگری ویدئوی خانگی	یادگیری ماشین	ترکیب پرسشنامه و ویدئوی خانگی	دقت تشخیص زودهنگام
۱۱	عباس و همکاران (۲۰۱۸)	رویکرد یادگیری ماشین برای تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده با ترکیب پرسشنامه و غربالگری ویدئوی خانگی	یادگیری ماشین	ترکیب پرسشنامه و ویدئوی خانگی	دقت تشخیص در جامعه پزشکی
۱۲	چن[۵] و همکاران (۲۰۲۴)	یادگیری عمیق برای تفسیر اختلال طیف خودمانده پشت دوربین	یادگیری عمیق	تفسیر رفتار از ویدئو	دقت مدل در تفسیر
۱۳	واشنگتن[۶] و همکاران (۲۰۲۰)	پزشکی دقیق از طریق یادگیری ماشین جمع‌سپاری شده: آزمایش تغییرپذیری کارگران برای تشخیص ویژگی‌های اختلال طیف خودمانده	یادگیری ماشین/جمع‌سپاری	تشخیص ویژگی‌ها از ویدئو توسط جمعیت	قابلیت اطمینان و تغییرپذیری
۱٤	صادق[۷] و همکاران (۲۰۱۹)	داده‌کاوی چندرسانه‌ای مبتنی بر یادگیری عمیق برای تشخیص اختلال طیف خودمانده	یادگیری عمیق/داده‌کاوی	تشخیص از داده‌های چندرسانه‌ای	دقت داده‌کاوی برای تشخیص
۱۵	بیری[۸] و همکاران (۲۰۲۰)	تشخیص اختلال طیف خودمانده در کودکان با استفاده از تحلیل چهره و یادگیری عمیق	یادگیری عمیق	تشخیص از طریق تحلیل چهره	دقت تشخیص از تصاویر صورت
۱٦	زونینو[۹] و همکاران (۲۰۱۸)	تحلیل ژست‌های ویدئویی برای تشخیص اختلال طیف خودمانده	یادگیری ماشین	تشخیص از طریق تحلیل ژست	دقت تشخیص ژست‌ها
۱۷	پارک[۱۰] و همکاران (۲۰۲۴)	استفاده از یادگیری عمیق برای تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده : رفتار خودتحریکی	یادگیری عمیق	تشخیص رفتار خودتحریکی	دقت در شناسایی رفتار خاص
۱۸	منگ[۱۱] و همکاران (۲۰۲۳)	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده بر اساس یادگیری ماشین: بررسی حرکات چشم در اسکن چهره‌های واقعی و مصنوعی	یادگیری ماشین	تشخیص از طریق ردیابی حرکات چشم	دقت در تحلیل حرکات چشم
۱۹	لاکاپراگادا[۱۲] و همکاران (۲۰۲۲)	طبقه‌بندی حرکت غیرعادی دست برای کمک به تشخیص اختلال طیف خودمانده : مطالعه یادگیری ماشین	یادگیری ماشین	تشخیص از طریق حرکت دست	دقت در طبقه‌بندی حرکت دست
۲۰	لبلانک[۱۳] و همکاران (۲۰۲۰)	روش‌های جایگزینی ویژگی، تحلیل قابل اطمینان ویدئوهای خانگی را برای تشخیص اختلال طیف خودمانده امکان‌پذیر می‌کند	یادگیری ماشین	قابلیت اطمینان تحلیل ویدئوهای خانگی	بهبود قابلیت اطمینان تحلیل

1. Jin
2. Wu
3. Hato
4. Abbas
5. Chen
6. Washington
7. Sadiq
8. Beary
9. Zunino
10. Park
11. Meng
12. Lakkapragada
13. Leblanc

۲۱	عطلام[1] و همکاران (۲۰۲۵)	شناسایی خودکار اختلال طیف خودمانده از تصاویر چهره با استفاده از مدل‌های قابل تفسیر یادگیری عمیق	یادگیری عمیق قابل تفسیر	تشخیص از تصاویر چهره	دقت و قابلیت تفسیر مدل
۲۲	لو و پرکوفسکی[2] (۲۰۲۱)	رویکرد یادگیری عمیق برای غربالگری اختلال طیف خودمانده در کودکان با تصاویر چهره و تحلیل عوامل قومی–نژادی	یادگیری عمیق	غربالگری از تصاویر چهره/تاثیر نژاد	دقت و تحلیل عوامل قومی
۲۳	واشنگتن و همکاران (۲۰۲۱)	برچسب‌زنی ویژگی‌های محافظت‌شده از حریم خصوصی ویدئوهای خانگی کوتاه برای تشخیص اختلال طیف خودمانده	یادگیری ماشین/جمع‌سپاری	تشخیص با حفظ حریم خصوصی داده‌ها	کارایی با حفظ حریم خصوصی
۲٤	الدین[3] و همکاران (۲۰۲۴)	یادگیری عمیق با تحلیل مبتنی بر تصویر از اختلال طیف خودمانده : یک مرور نظام‌مند	مرور نظام‌مند	تحلیل مبتنی بر تصویر	سنتز یافته‌های مطالعات موجود
۲۵	کوجوویچ[4] و همکاران (۲۰۲۱)	استفاده از برآورد حالت بدن مبتنی بر ویدئوی دو بعدی برای پیش‌بینی خودکار اختلال طیف خودمانده در کودکان خردسال	یادگیری ماشین	تشخیص از طریق وضعیت بدن در ویدئو	دقت پیش‌بینی از حالت بدن
۲٦	سیلیا[5] و همکاران (۲۰۲۱)	غربالگری کم‌کمک رایانه‌ای اختلال طیف خودمانده : مطالعه ردیابی چشم با استفاده از بصری‌سازی داده و یادگیری عمیق	یادگیری عمیق/ردیابی چشم	تشخیص از طریق ردیابی چشم	دقت در غربالگری مبتنی بر چشم
۲۷	لئو[6] و همکاران (۲۰۲۲)	تحلیل خودکار حرکت نوزاد برای تشخیص زودهنگام اختلالات عصبی: جهت‌های فعلی و آینده	مرور	تحلیل حرکت نوزاد از ویدئو	مرور پیشرفته‌ترین فناوری
۲۸	وانگ[7] و همکاران (۲۰۲۵)	یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل از غربالگری و تشخیص اختلال طیف خودمانده در کودکان با استفاده از فناوری سلامت از راه دور کمک‌کننده ویدئویی	مرور نظام‌مند و فراتحلیل	ارزیابی کارایی فناوری‌های ویدئویی در تشخیص اختلال طیف خودمانده	دقت تشخیص و مقایسه روش‌های مختلف
۲۹	کیم[8] و همکاران (۲۰۲۵)	شناسایی خودکار اختلال طیف خودمانده مبتنی بر هوش مصنوعی از ویدئوهای خانگی	یادگیری عمیق / یادگیری ماشین	توسعه یک سیستم غربالگری خودکار با پروتکل‌های ویدئویی کوتاه	دقت مدل و استخراج ویژگی‌های بالینی

پژوهشگر به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از این ۲۹ پژوهش، از روش کیفی که در برگیرنده کدگذاری باز، کدگذاری محوری و کدگذاری انتخابی می‌باشد بهره برد. در مرحله کدگذاری باز، مفاهیم و تم‌های اصلی از منابع استخراج گردیدند. هر منبع به‌صورت خط‌به‌خط بررسی شد و کدهای اولیه به مفاهیم و ایده‌های موجود در متن اختصاص داده شدند. در مرحله کدگذاری محوری نیز کدهای استخراج‌شده در مرحله قبل به‌صورت مقوله‌بندی سازماندهی گشتند و روابط بین کدها و مقوله‌ها شناسایی گردید. در آخر محقق در مرحله کدگذاری انتخابی، با مطالعه دقیق و بهره‌گیری از نظر متخصصان، زیرمولفه‌ها و مفاهیم به‌دست‌آمده در مولفه‌های اصلی ادغام شدند و ساختاری منسجم از مفاهیم ایجاد گردید. همچنین محققان در این پژوهش به منظور افزایش اعتبار و پایایی پژوهش، از روش‌های زیر استفاده نمودند: الف) بازبینی توسط متخصصان: در هر مرحله از کدگذاری، نتایج توسط متخصصان حوزه یادگیری عمیق و اختلال طیف خودمانده بررسی و تأیید شدند. ب) استفاده از منابع معتبر: تنها منابعی که در مجلات معتبر یا توسط ناشران شناخته‌شده منتشر شده‌اند، مورد استفاده قرار گرفتند.

1. Atlam
2. Lu & Perkowski
3. Uddin
4. Kojovic
5. Cilia
6. Leo
7. Wang
8. Kim

یافته‌ها

در مرحله اول، ۱۱۲ کد اولیه از متون مطالعات استخراج گردید که پس از حذف تکرارها و ادغام مفاهیم همپوشان، در مرحله دوم به ۱۴ مفهوم تفکیک شدند. در نهایت، تحلیل محوری این مفاهیم منجر به شناسایی شش مؤلفه کلیدی شد که چارچوب جامعی از کاربردهای یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده را ارائه می‌دهد. جدول ۱ نمونه‌های نماینده‌ای از کدهای اولیه را به‌همراه منابع و تحلیل محقق ارائه می‌کند:

جدول ۲. نتایج کدگذاری‌های اولیه به‌دست‌آمده از سنتر پژوهش‌های منتخب

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
۱	استفاده از یادگیری عمیق برای تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند دقت تشخیص اختلال طیف خودمانده را به طور چشمگیری افزایش دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)	این کد بر نقش تحول‌آفرین فناوری‌های پیشرفته تحلیل خودکار در افزایش عینیت و دقت تشخیص نسبت به روش‌های سنتی مشاهده انسانی تأکید دارد.
۲	تحلیل خودکار رفتارهای غیرکلامی کودکان پیش‌دبستانی می‌تواند نشانه‌های اولیه اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	تمرکز این کد بر شناسایی زودهنگام از طریق نشانگرهای عینی و قابل اندازه‌گیری (مانند ژست و حالت بدن) است که در سنین پایین و قبل از شکل‌گیری کامل گفتار، از اهمیت بالایی برخوردار است.
۳	الگوریتم‌های یادگیری عمیق قادر به شناسایی الگوهای رفتاری خاص در کودکان اختلال طیف خودمانده هستند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)؛ (۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)	این یافته نشان می‌دهد که هوش مصنوعی نه تنها رفتارهای آشکار، بلکه الگوهای ظریف و پیچیده (مانند حرکات تکراری دست یا حالات خاص چهره) را که ممکن است از دید ارزیاب انسانی پنهان بماند، شناسایی می‌کند.
٤	استفاده از فناوری‌های بینایی ماشین در تحلیل ویدئوها، امکان تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده را فراهم می‌کند.	(۱) یانگ و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد به قابلیت دسترسی و مقیاس‌پذیری تشخیص اشاره دارد، به طوری که با استفاده از منابع ساده‌ای مانند ویدئوهای خانگی، امکان غربالگری در محیط‌های غیرکلینیکی و برای جمعیت‌های بیشتر فراهم می‌شود.
٥	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را با دقت بالا پردازش کند و رفتارهای اجتماعی کودکان را ارزیابی نماید.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)	هسته مرکزی این کد، کاربردپذیری و قدرت فناوری است که نشان می‌دهد مدل‌های یادگیری عمیق به بلوغ کافی برای تحلیل کیفی و کمّی رفتارهای پیچیده اجتماعی رسیده‌اند.
٦	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)	این نتیجه‌گیری بر اعتبارسنجی اولیه روش‌شناسی در مطالعات میدانی مختلف تأکید دارد و پایه‌ای برای توسعه بیشتر این فناوری در آینده فراهم می‌کند.
۷	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده از طریق تحلیل ویدئویی می‌تواند مداخلات درمانی را مؤثرتر کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد پیوند مستقیمی بین تشخیص و نتایج بالینی برقرار می‌کند و ارزش اصلی این فناوری را نه در خود تشخیص، بلکه در فرصت طلایی برای مداخله زودهنگام و بهبود روند رشد می‌داند.
۸	ترکیب یادگیری عمیق با داده‌های چندرسانه‌ای (صوت، تصویر و حرکت) می‌تواند دقت تشخیص را بهبود بخشد.	(۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۲۴) الدین و همکاران (۲۰۲۴)	این گزاره از رویکرد یکپارچه و چندوجهی به داده‌ها حمایت می‌کند. استدلال آن است که اختلال طیف خودمانده یک وضعیت چندبعدی است و تشخیص آن نیز باید با تلفیق سرنخ‌های مختلف (صدا، تصویر، حرکت) انجام شود.
۹	استفاده از داده‌های ویدئویی برای آموزش مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به حجم زیادی از داده‌های برچسب‌گذاری شده دارد.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)؛ (۲۰) لبلانک و همکاران (۲۰۲۰)	این کد به یک چالش کلیدی و محدودیت عملی در مسیر توسعه این فناوری اشاره می‌کند :هزینه و زمان بر بودن فرآیند تهیه و برچسب‌زنی داده‌های باکیفیت.
۱۰	تحلیل حالات چهره کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)؛ (۲۲) لو و پرکوفسکی (۲۰۲۱)	این کد بر یکی از مشخصه‌های اصلی تشخیصی اختلال طیف خودمانده (تفاوت در بیان و درک هیجانات) تمرکز دارد و نشان می‌دهد چگونه فناوری می‌تواند این تفاوت‌های ظریف را به صورت عینی ثبت و تحلیل کند.

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
۱۱	یادگیری عمیق می‌تواند الگوهای حرکتی تکراری را در کودکان اختلال طیف خودمانده شناسایی کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر قابلیت فناوری در شناسایی الگوهای حرکتی کلیشه‌ای به عنوان یکی از نشانه‌های عینی و متمایزکننده اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۱۲	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی نیازمند الگوریتم‌هایی می‌باشد که بتوانند رفتارهای پیچیده را درک کنند.	(۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره بر نیاز به توسعه الگوریتم‌های پیشرفته‌تر و مبتنی بر زمینه برای درک معنای واقعی رفتارهای اجتماعی در موقعیت‌های طبیعی تأکید می‌کند.
۱۳	استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن برای تحلیل ویدئوها نتایج قابل قبولی داشته است.	(۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد به کاربردپذیری یک معماری خاص و پرکاربرد در پردازش داده‌های ویدئویی اشاره دارد و آن را به عنوان یک پایه فنی قابل اعتماد برای این حوزه معرفی می‌کند.
۱٤	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده می‌تواند از طریق تحلیل رفتارهای غیرکلامی مانند تماس چشمی انجام شود.	(۱۸) منگ و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۶) سیلیا و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر یکی از قوی‌ترین نشانگرهای رفتاری اختلال طیف خودمانده (کمبود تماس چشمی) تمرکز دارد و امکان سنجش عینی و کمّی این شاخص را توسط فناوری نشان می‌دهد.
۱۵	یادگیری عمیق می‌تواند تفاوت‌های ظریف در رفتارهای اجتماعی کودکان اختلال طیف خودمانده را شناسایی کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)	این یافته بر ارزش افزوده فناوری در تشخیص زیرآستانه‌ای و شناسایی نشانه‌هایی تأکید دارد که حتی برای متخصصان آموزش‌دیده نیز ممکن است بسیار ظریف و گذرا باشند.
۱٦	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این کد، تمرکز را از شناسایی رفتارهای فردی به سمت ارزیابی مهارت‌های ارتباطی دوسویه معطوف می‌کند که هسته اصلی چالش در اختلال طیف خودمانده است.
۱۷	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند خطاهای انسانی در تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره به مزیت عینیت و قابلیت تکرارپذیری سیستم‌های هوش مصنوعی در مقابل قضاوت‌های ذهنی و نامتغیر ارزیاب‌های انسانی اشاره دارد.
۱۸	تحلیل رفتارهای حرکتی کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر این نکته تأکید دارد که اختلال در یکپارچگی حسی–حرکتی که در اختلال طیف خودمانده شایع است، خود را در الگوهای حرکتی در خلال تعاملات اجتماعی نشان می‌دهد.
۱۹	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را در زمان واقعی پردازش کند و تشخیص سریع‌تری ارائه دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)	این قابلیت، امکان غربالگری بلادرنگ و با صرفه‌جویی در زمان را فراهم می‌کند که برای برنامه‌های غربالگری جمعیتی در مقیاس بزرگ حیاتی است.
۲۰	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها نیازمند داده‌های آموزشی متنوع و جامع است.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر اهمیت تعمیم‌پذیری مدل تأکید دارد و هشدار می‌دهد که مدل‌های آموزش‌دیده بر روی داده‌های محدود یا جانبدارانه ممکن است در برابر جمعیت‌های مختلف عملکرد ضعیفی داشته باشند.
۲۱	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان در معرض خطر اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این کد بر نقش پیش‌بینیکننده فناوری تأکید دارد، به این معنا که می‌توان از آن برای شناسایی کودکان در مراحل بسیار اولیه، حتی قبل از تثبیت تشخیص کامل، استفاده کرد.
۲۲	یادگیری عمیق می‌تواند رفتارهای اجتماعی کودکان را در محیط‌های طبیعی (مانند مهدکودک) تحلیل کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۲۰) لبلانک و همکاران (۲۰۲۰)	این یافته بر برتری ارزیابی در بافت طبیعی در مقابل محیط‌های ساختگی کلینیک تأکید دارد، زیرا رفتار کودک در محیط طبیعی خود قابل اعتمادتر و معتبرتر است.
۲۳	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای رفتاری خاص در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر قابلیت فناوری در خوشه‌بندی و رده‌بندی زیرگروه‌های رفتاری درون طیف اختلال طیف خودمانده دلالت دارد که می‌تواند به شخصی‌سازی درمان بینجامد.
۲٤	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند هزینه‌های تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این گزاره به یکی از مزایای اقتصادی و عملی اصلی این فناوری اشاره می‌کند که امکان دسترسی بیشتر به خدمات تشخیصی را در مناطق محروم یا با منابع محدود فراهم می‌سازد.

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
۲۵	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان اختلال طیف خودمانده در مراحل اولیه رشد کمک کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این کد بار دیگر بر محوریت زمانبندی مداخله تأکید می‌کند و تشخیص در مراحل اولیه رشد را کلید مؤثرترین نتایج درمانی می‌داند.
۲۶	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را با دقت بالا پردازش کند و رفتارهای اجتماعی کودکان را ارزیابی نماید.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)	این کد توانایی فناوری در استخراج معیارهای کمّی دقیق از رفتارهای کیفی اجتماعی را برجسته می‌کند.
۲۷	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.	(۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)	این نتیجه‌گیری کلی، شواهد فزاینده و اجماع در حال شکل‌گیری در ادبیات پژوهشی را در مورد امکان‌پذیری و سودمندی این رویکرد منعکس می‌کند.
۲۸	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده از طریق تحلیل ویدئویی می‌تواند مداخلات درمانی را مؤثرتر کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد مجدداً بر پیام کلیدی ارتباط تشخیص و درمان تأکید می‌ورزد و ارزش نهایی فناوری را در بهبود کیفیت زندگی می‌داند.
۲۹	ترکیب یادگیری عمیق با داده‌های چندرسانه‌ای (صوت، تصویر و حرکت) می‌تواند دقت تشخیص را بهبود بخشد.	(۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۴) الدین و همکاران (۲۰۲۴)	این گزاره از رویکرد یکپارچه حمایت می‌کند و استدلال می‌کند که تلفیق این داده‌ها تصویر کامل‌تری از وضعیت کودک ارائه می‌دهد.
۳۰	استفاده از داده‌های ویدئویی برای آموزش مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به حجم زیادی از داده‌های برچسب‌گذاری شده دارد.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد یک مانع زیرساختی مهم را برمی‌شمارد و لزوم سرمایه‌گذاری در ایجاد بانک‌های اطلاعاتی بزرگ و باکیفیت را خاطرنشان می‌سازد.
۳۱	تحلیل حالات چهره کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۲) لو و پرکوفسکی (۲۰۲۱)	این کد بر غنی بودن داده‌های چهره به عنوان یک منبع اطلاعاتی کلیدی برای تشخیص تفاوت‌های هیجانی–اجتماعی در اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۳۲	یادگیری عمیق می‌تواند الگوهای حرکتی تکراری را در کودکان اختلال طیف خودمانده شناسایی کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر قابلیت فناوری در شناسایی الگوهای حرکتی کلیشه‌ای به عنوان یکی از نشانه‌های عینی و متمایزکننده اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۳۳	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی نیازمند الگوریتم‌هایی می‌باشد که بتوانند رفتارهای پیچیده را درک کنند.	(۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره بر نیاز به توسعه الگوریتم‌های پیشرفته‌تر و مبتنی بر زمینه برای درک معنای واقعی رفتارهای اجتماعی در موقعیت‌های طبیعی تأکید می‌کند.
۳۴	استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن برای تحلیل ویدئوها نتایج قابل قبولی داشته است.	(۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد به کاربردپذیری یک معماری خاص و پرکاربرد در پردازش داده‌های ویدئویی اشاره دارد و آن را به عنوان یک پایه فنی قابل اعتماد برای این حوزه معرفی می‌کند.
۳۵	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده می‌تواند از طریق تحلیل رفتارهای غیرکلامی مانند تماس چشمی انجام شود.	(۱۸) منگ و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۶) سیلیا و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر یکی از قوی‌ترین نشانگرهای رفتاری اختلال طیف خودمانده (کمبود تماس چشمی) تمرکز دارد و امکان سنجش عینی و کمّی این شاخص را توسط فناوری نشان می‌دهد.
۳۶	یادگیری عمیق می‌تواند تفاوت‌های ظریف در رفتارهای اجتماعی کودکان اختلال طیف خودمانده را شناسایی کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)	این یافته بر ارزش افزوده فناوری در تشخیص زیرآستانه‌ای و شناسایی نشانه‌هایی تأکید دارد که حتی برای متخصصان آموزش‌دیده نیز ممکن است بسیار ظریف و گذرا باشند.
۳۷	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این کد، تمرکز را از شناسایی رفتارهای فردی به سمت ارزیابی مهارت‌های ارتباطی دوسویه معطوف می‌کند که هسته اصلی چالش در اختلال طیف خودمانده است.
۳۸	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند خطاهای انسانی در تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره به مزیت عینیت و قابلیت تکرارپذیری سیستم‌های هوش مصنوعی در مقابل قضاوت‌های ذهنی و نامتغیر ارزیاب‌های انسانی اشاره دارد.
۳۹	تحلیل رفتارهای حرکتی کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر این نکته تأکید دارد که اختلال در یکپارچگی حسی–حرکتی که در اختلال طیف خودمانده شایع است، خود را در

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
	خودمانده را آشکار کند.		الگوهای حرکتی در خلال تعاملات اجتماعی نشان می‌دهد.
٤٠	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را در زمان واقعی پردازش کند و تشخیص سریع‌تری ارائه دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)	این قابلیت، امکان غربالگری بلادرنگ و با صرفه‌جویی در زمان را فراهم می‌کند که برای برنامه‌های غربالگری جمعیتی در مقیاس بزرگ حیاتی است.
٤١	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها نیازمند داده‌های آموزشی متنوع و جامع است.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر اهمیت تعمیم‌پذیری مدل تأکید دارد و هشدار می‌دهد که مدل‌های آموزش‌دیده بر روی داده‌های محدود یا جانبدارانه ممکن است در برابر جمعیت‌های مختلف عملکرد ضعیفی داشته باشند.
٤٢	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان در معرض خطر اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این کد بر نقش پیش‌بینی‌کننده فناوری تأکید دارد، به این معنا که می‌توان از آن برای شناسایی کودکان در مراحل بسیار اولیه، حتی قبل از تثبیت تشخیص کامل، استفاده کرد.
٤٣	یادگیری عمیق می‌تواند رفتارهای اجتماعی کودکان را در محیط‌های طبیعی (مانند مهدکودک) تحلیل کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۲۰) لبلانک و همکاران (۲۰۲۰)	این یافته بر برتری ارزیابی در بافت طبیعی در مقابل محیط‌های ساختگی کلینیک تأکید دارد، زیرا رفتار کودک در محیط طبیعی خود قابل اعتمادتر و معتبرتر است.
٤٤	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای رفتاری خاص در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر قابلیت فناوری در خوشه‌بندی و رده‌بندی زیرگروه‌های رفتاری درون طیف اختلال طیف خودمانده دلالت دارد که می‌تواند به شخصی‌سازی درمان بینجامد.
٤٥	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند هزینه‌های تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این گزاره به یکی از مزایای اقتصادی و عملی اصلی این فناوری اشاره می‌کند که امکان دسترسی بیشتر به خدمات تشخیصی را در مناطق محروم یا با منابع محدود فراهم می‌سازد.
٤٦	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان اختلال طیف خودمانده در مراحل اولیه رشد کمک کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این کد بار دیگر بر محوریت زمانبندی مداخله تأکید می‌کند و تشخیص در مراحل اولیه رشد را کلید مؤثرترین نتایج درمانی می‌داند.
٤٧	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را با دقت بالا پردازش کند و رفتارهای اجتماعی کودکان را ارزیابی نماید.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)	این کد توانایی فناوری در استخراج معیارهای کمّی دقیق از رفتارهای کیفی اجتماعی را برجسته می‌کند.
٤٨	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.	(۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)	این نتیجه‌گیری کلی، شواهد فزاینده و اجماع در حال شکل‌گیری در ادبیات پژوهشی را در مورد امکان‌پذیری و سودمندی این رویکرد منعکس می‌کند.
٤٩	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده از طریق تحلیل ویدئویی می‌تواند مداخلات درمانی را مؤثرتر کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد مجدداً بر پیام کلیدی ارتباط تشخیص و درمان تأکید می‌ورزد و ارزش نهایی فناوری را در بهبود کیفیت زندگی می‌داند.
٥٠	ترکیب یادگیری عمیق با داده‌های چندرسانه‌ای (صوت، تصویر و حرکت) می‌تواند دقت تشخیص را بهبود بخشد.	(۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۴) الدین و همکاران (۲۰۲۴)	این گزاره از رویکرد یکپارچه حمایت می‌کند و استدلال می‌کند که تلفیق این داده‌ها تصویر کامل‌تری از وضعیت کودک ارائه می‌دهد.
٥١	استفاده از داده‌های ویدئویی برای آموزش مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به حجم زیادی از داده‌های برچسب‌گذاری شده دارد.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد یک مانع زیرساختی مهم را برمی‌شمارد و لزوم سرمایه‌گذاری در ایجاد بانک‌های اطلاعاتی بزرگ و باکیفیت را خاطرنشان می‌سازد.
٥٢	تحلیل حالات چهره کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۲) لو و پرکوفسکی (۲۰۲۱)	این کد بر غنی بودن داده‌های چهره به عنوان یک منبع اطلاعاتی کلیدی برای تشخیص تفاوت‌های هیجانی–اجتماعی در اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
٥٣	یادگیری عمیق می‌تواند الگوهای حرکتی	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛	این کد بر قابلیت فناوری در شناسایی الگوهای حرکتی

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
	تکراری را در کودکان اختلال طیف خودمانده شناسایی کند.	(۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	کلیشه‌ای به عنوان یکی از نشانه‌های عینی و متمایزکننده اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
٥٤	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی نیازمند الگوریتم‌هایی می‌باشد که بتوانند رفتارهای پیچیده را درک کنند.	(۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره بر نیاز به توسعه الگوریتم‌های پیشرفته‌تر و مبتنی بر زمینه برای درک معنای واقعی رفتارهای اجتماعی در موقعیت‌های طبیعی تأکید می‌کند.
٥٥	استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن برای تحلیل ویدئوها نتایج قابل قبولی داشته است.	(۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد به کاربردپذیری یک معماری خاص و پرکاربرد در پردازش داده‌های ویدئویی اشاره دارد و آن را به عنوان یک پایه فنی قابل اعتماد برای این حوزه معرفی می‌کند.
٥٦	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده می‌تواند از طریق تحلیل رفتارهای غیرکلامی مانند تماس چشمی انجام شود.	(۱۸) منگ و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۶) سیلیا و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر یکی از قوی‌ترین نشانگرهای رفتاری اختلال طیف خودمانده (کمبود تماس چشمی) تمرکز دارد و امکان سنجش عینی و کمّی این شاخص را توسط فناوری نشان می‌دهد.
٥٧	یادگیری عمیق می‌تواند تفاوت‌های ظریف در رفتارهای اجتماعی کودکان اختلال طیف خودمانده را شناسایی کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)	این یافته بر ارزش افزوده فناوری در تشخیص زیرآستانه‌ای و شناسایی نشانه‌هایی تأکید دارد که حتی برای متخصصان آموزش‌دیده نیز ممکن است بسیار ظریف و گذرا باشند.
٥٨	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این کد، تمرکز را از شناسایی رفتارهای فردی به سمت ارزیابی مهارت‌های ارتباطی دوسویه معطوف می‌کند که هسته اصلی چالش در اختلال طیف خودمانده است.
٥٩	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند خطاهای انسانی در تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره به مزیت عینیت و قابلیت تکرارپذیری سیستم‌های هوش مصنوعی در مقابل قضاوت‌های ذهنی و نامتغیر ارزیاب‌های انسانی اشاره دارد.
٦٠	تحلیل رفتارهای حرکتی کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر این نکته تأکید دارد که اختلال در یکپارچگی حسی–حرکتی که در اختلال طیف خودمانده شایع است، خود را در الگوهای حرکتی در خلال تعاملات اجتماعی نشان می‌دهد.
٦١	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را در زمان واقعی پردازش کند و تشخیص سریع‌تری ارائه دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)	این قابلیت، امکان غربالگری بلادرنگ و با صرفه‌جویی در زمان را فراهم می‌کند که برای برنامه‌های غربالگری جمعیتی در مقیاس بزرگ حیاتی است.
٦٢	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها نیازمند داده‌های آموزشی متنوع و جامع است.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر اهمیت تعمیم‌پذیری مدل تأکید دارد و هشدار می‌دهد که مدل‌های آموزش‌دیده بر روی داده‌های محدود یا جانبدارانه ممکن است در برابر جمعیت‌های مختلف عملکرد ضعیفی داشته باشند.
٦٣	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان در معرض خطر اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این کد بر نقش پیش‌بینیکننده فناوری تأکید دارد، به این معنا که می‌توان از آن برای شناسایی کودکان در مراحل بسیار اولیه، حتی قبل از تثبیت تشخیص کامل، استفاده کرد.
٦٤	یادگیری عمیق می‌تواند رفتارهای اجتماعی کودکان را در محیط‌های طبیعی (مانند مهدکودک) تحلیل کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۲۰) لبلانک و همکاران (۲۰۲۰)	این یافته بر برتری ارزیابی در بافت طبیعی در مقابل محیط‌های ساختگی کلینیک تأکید دارد، زیرا رفتار کودک در محیط طبیعی خود قابل اعتمادتر و معتبرتر است.
٦٥	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای رفتاری خاص در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر قابلیت فناوری در خوشه‌بندی و رده‌بندی زیرگروه‌های رفتاری درون طیف اختلال طیف خودمانده دلالت دارد که می‌تواند به شخصی‌سازی درمان بینجامد.
٦٦	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند هزینه‌های تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این گزاره به یکی از مزایای اقتصادی و عملی اصلی این فناوری اشاره می‌کند که امکان دسترسی بیشتر به خدمات تشخیصی را در مناطق محروم یا با منابع محدود فراهم می‌سازد.
٦٧	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۱)	این کد بار دیگر بر محوریت زمانبندی مداخله تأکید می‌کند و

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
	به شناسایی کودکان اختلال طیف خودمانده در مراحل اولیه رشد کمک کند.	عباس و همکاران (۲۰۱۸)	تشخیص در مراحل اولیه رشد را کلید مؤثرترین نتایج درمانی می‌داند.
٦٨	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را با دقت بالا پردازش کند و رفتارهای اجتماعی کودکان را ارزیابی نماید.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)	این کد توانایی فناوری در استخراج معیارهای کمّی دقیق از رفتارهای کیفی اجتماعی را برجسته می‌کند.
٦٩	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.	(۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)	این نتیجه‌گیری کلی، شواهد فزاینده و اجماع در حال شکل‌گیری در ادبیات پژوهشی را در مورد امکان‌پذیری و سودمندی این رویکرد منعکس می‌کند.
۷۰	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده از طریق تحلیل ویدئویی می‌تواند مداخلات درمانی را مؤثرتر کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد مجدداً بر پیام کلیدی ارتباط تشخیص و درمان تأکید می‌ورزد و ارزش نهایی فناوری را در بهبود کیفیت زندگی می‌داند.
۷۱	ترکیب یادگیری عمیق با داده‌های چندرسانه‌ای (صوت، تصویر و حرکت) می‌تواند دقت تشخیص را بهبود بخشد.	(۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۴) الدین و همکاران (۲۰۲۴)	این گزاره از رویکرد یکپارچه حمایت می‌کند و استدلال می‌کند که تلفیق این داده‌ها تصویر کامل‌تری از وضعیت کودک ارائه می‌دهد.
۷۲	استفاده از داده‌های ویدئویی برای آموزش مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به حجم زیادی از داده‌های برچسب‌گذاری شده دارد.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد یک مانع زیرساختی مهم را برمی‌شمارد و لزوم سرمایه‌گذاری در ایجاد بانک‌های اطلاعاتی بزرگ و باکیفیت را خاطرنشان می‌سازد.
۷۳	تحلیل حالات چهره کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۲) لو و پرکوفسکی (۲۰۲۱)	این کد بر غنی بودن داده‌های چهره به عنوان یک منبع اطلاعاتی کلیدی برای تشخیص تفاوت‌های هیجانی–اجتماعی در اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۷٤	یادگیری عمیق می‌تواند الگوهای حرکتی تکراری را در کودکان اختلال طیف خودمانده شناسایی کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر قابلیت فناوری در شناسایی الگوهای حرکتی کلیشه‌ای به عنوان یکی از نشانه‌های عینی و متمایزکننده اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۷۵	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی نیازمند الگوریتم‌هایی می‌باشد که بتوانند رفتارهای پیچیده را درک کنند.	(۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره بر نیاز به توسعه الگوریتم‌های پیشرفته‌تر و مبتنی بر زمینه برای درک معنای واقعی رفتارهای اجتماعی در موقعیت‌های طبیعی تأکید می‌کند.
۷٦	استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن برای تحلیل ویدئوها نتایج قابل قبولی داشته است.	(۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد به کاربردپذیری یک معماری خاص و پرکاربرد در پردازش داده‌های ویدئویی اشاره دارد و آن را به عنوان یک پایه فنی قابل اعتماد برای این حوزه معرفی می‌کند.
۷۷	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده می‌تواند از طریق تحلیل رفتارهای غیرکلامی مانند تماس چشمی انجام شود.	(۱۸) منگ و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۶) سیلیا و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر یکی از قوی‌ترین نشانگرهای رفتاری اختلال طیف خودمانده (کمبود تماس چشمی) تمرکز دارد و امکان سنجش عینی و کمّی این شاخص را توسط فناوری نشان می‌دهد.
۷۸	یادگیری عمیق می‌تواند تفاوت‌های ظریف در رفتارهای اجتماعی کودکان اختلال طیف خودمانده را شناسایی کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)	این یافته بر ارزش افزوده فناوری در تشخیص زیرآستانه‌ای و شناسایی نشانه‌هایی تأکید دارد که حتی برای متخصصان آموزش‌دیده نیز ممکن است بسیار ظریف و گذرا باشند.
۷۹	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این کد، تمرکز را از شناسایی رفتارهای فردی به سمت ارزیابی مهارت‌های ارتباطی دوسویه معطوف می‌کند که هسته اصلی چالش در اختلال طیف خودمانده است.
۸۰	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند خطاهای انسانی در تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره به مزیت عینیت و قابلیت تکرارپذیری سیستم‌های هوش مصنوعی در مقابل قضاوت‌های ذهنی و نامتغیر ارزیاب‌های انسانی اشاره دارد.
۸۱	تحلیل رفتارهای حرکتی کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر این نکته تأکید دارد که اختلال در یکپارچگی حسی–حرکتی که در اختلال طیف خودمانده شایع است، خود را در الگوهای حرکتی در خلال تعاملات اجتماعی نشان می‌دهد.

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
۸۲	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را در زمان واقعی پردازش کند و تشخیص سریع‌تری ارائه دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)	این قابلیت، امکان غربالگری بلادرنگ و با صرفه‌جویی در زمان را فراهم می‌کند که برای برنامه‌های غربالگری جمعیتی در مقیاس بزرگ حیاتی است.
۸۳	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها نیازمند داده‌های آموزشی متنوع و جامع است.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر اهمیت تعمیم‌پذیری مدل تأکید دارد و هشدار می‌دهد که مدل‌های آموزش‌دیده بر روی داده‌های محدود یا جانبدارانه ممکن است در برابر جمعیت‌های مختلف عملکرد ضعیفی داشته باشند.
۸٤	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان در معرض خطر اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این کد بر نقش پیش‌بینیکننده فناوری تأکید دارد، به این معنا که می‌توان از آن برای شناسایی کودکان در مراحل بسیار اولیه، حتی قبل از تثبیت تشخیص کامل، استفاده کرد.
۸۵	یادگیری عمیق می‌تواند رفتارهای اجتماعی کودکان را در محیط‌های طبیعی (مانند مهدکودک) تحلیل کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۲۰) لبلانک و همکاران (۲۰۲۰)	این یافته بر برتری ارزیابی در بافت طبیعی در مقابل محیط‌های ساختگی کلینیک تأکید دارد، زیرا رفتار کودک در محیط طبیعی خود قابل اعتمادتر و معتبرتر است.
۸٦	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای رفتاری خاص در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر قابلیت فناوری در خوشه‌بندی و رده‌بندی زیرگروه‌های رفتاری درون طیف اختلال طیف خودمانده دلالت دارد که می‌تواند به شخصی‌سازی درمان بینجامد.
۸۷	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند هزینه‌های تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این گزاره به یکی از مزایای اقتصادی و عملی اصلی این فناوری اشاره می‌کند که امکان دسترسی بیشتر به خدمات تشخیصی را در مناطق محروم یا با منابع محدود فراهم می‌سازد.
۸۸	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان اختلال طیف خودمانده در مراحل اولیه رشد کمک کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این کد بار دیگر بر محوریت زمانبندی مداخله تأکید می‌کند و تشخیص در مراحل اولیه رشد را کلید مؤثرترین نتایج درمانی می‌داند.
۸۹	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را با دقت بالا پردازش کند و رفتارهای اجتماعی کودکان را ارزیابی نماید.	(2)پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)	این کد توانایی فناوری در استخراج معیارهای کمّی دقیق از رفتارهای کیفی اجتماعی را برجسته می‌کند.
۹۰	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.	(۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)	این نتیجه‌گیری کلی، شواهد فزاینده و اجماع در حال شکل‌گیری در ادبیات پژوهشی را در مورد امکان‌پذیری و سودمندی این رویکرد منعکس می‌کند.
۹۱	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده از طریق تحلیل ویدئویی می‌تواند مداخلات درمانی را مؤثرتر کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد مجدداً بر پیام کلیدی ارتباط تشخیص و درمان تأکید می‌ورزد و ارزش نهایی فناوری را در بهبود کیفیت زندگی می‌داند.
۹۲	ترکیب یادگیری عمیق با داده‌های چندرسانه‌ای (صوت، تصویر و حرکت) می‌تواند دقت تشخیص را بهبود بخشد.	(۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۴) الدین و همکاران (۲۰۲۴)	این گزاره از رویکرد یکپارچه حمایت می‌کند و استدلال می‌کند که تلفیق این داده‌ها تصویر کامل‌تری از وضعیت کودک ارائه می‌دهد.
۹۳	استفاده از داده‌های ویدئویی برای آموزش مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به حجم زیادی از داده‌های برچسب‌گذاری شده دارد.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد یک مانع زیرساختی مهم را برمی‌شمارد و لزوم سرمایه‌گذاری در ایجاد بانک‌های اطلاعاتی بزرگ و باکیفیت را خاطرنشان می‌سازد.
۹٤	تحلیل حالات چهره کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۲) لو و پرکوفسکی (۲۰۲۱)	این کد بر غنی بودن داده‌های چهره به عنوان یک منبع اطلاعاتی کلیدی برای تشخیص تفاوت‌های هیجانی-اجتماعی در اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۹۵	یادگیری عمیق می‌تواند الگوهای حرکتی تکراری را در کودکان اختلال طیف خودمانده	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر قابلیت فناوری در شناسایی الگوهای حرکتی کلیشه‌ای به عنوان یکی از نشانه‌های عینی و متمایزکننده

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
	شناسایی کند.		اختلال طیف خودمانده تأکید دارد.
۹۶	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی نیازمند الگوریتم‌هایی می‌باشد که بتوانند رفتارهای پیچیده را درک کنند.	(۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره بر نیاز به توسعه الگوریتم‌های پیشرفته‌تر و مبتنی بر زمینه برای درک معنای واقعی رفتارهای اجتماعی در موقعیت‌های طبیعی تأکید می‌کند.
۹۷	استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشن برای تحلیل ویدئوها نتایج قابل قبولی داشته است.	(۴) کای و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد به کاربردپذیری یک معماری خاص و پرکاربرد در پردازش داده‌های ویدئویی اشاره دارد و آن را به عنوان یک پایه فنی قابل اعتماد برای این حوزه معرفی می‌کند.
۹۸	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده می‌تواند از طریق تحلیل رفتارهای غیرکلامی مانند تماس چشمی انجام شود.	(۱۸) منگ و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۲۶) سیلیا و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر یکی از قوی‌ترین نشانگرهای رفتاری اختلال طیف خودمانده (کمبود تماس چشمی) تمرکز دارد و امکان سنجش عینی و کمّی این شاخص را توسط فناوری نشان می‌دهد.
۹۹	یادگیری عمیق می‌تواند تفاوت‌های ظریف در رفتارهای اجتماعی کودکان اختلال طیف خودمانده را شناسایی کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۲) چن و همکاران (۲۰۲۴)	این یافته بر ارزش افزوده فناوری در تشخیص زیرآستانه‌ای و شناسایی نشانه‌هایی تأکید دارد که حتی برای متخصصان آموزش‌دیده نیز ممکن است بسیار ظریف و گذرا باشند.
۱۰۰	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۶) زونینو و همکاران (۲۰۱۸)	این کد، تمرکز را از شناسایی رفتارهای فردی به سمت ارزیابی مهارت‌های ارتباطی دوسویه معطوف می‌کند که هسته اصلی چالش در اختلال طیف خودمانده است.
۱۰۱	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند خطاهای انسانی در تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۱۱) عباس و همکاران (۲۰۱۸)	این گزاره به مزیت عینیت و قابلیت تکرارپذیری سیستم‌های هوش مصنوعی در مقابل قضاوت‌های ذهنی و متغیر ارزیاب‌های انسانی اشاره دارد.
۱۰۲	تحلیل رفتارهای حرکتی کودکان در تعاملات اجتماعی می‌تواند نشانه‌های اختلال طیف خودمانده را آشکار کند.	(۱۹) لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲)؛ (۲۵) کوجوویچ و همکاران (۲۰۲۱)	این کد بر این نکته تأکید دارد که اختلال در یکپارچگی حسی–حرکتی که در اختلال طیف خودمانده شایع است، خود را در الگوهای حرکتی در خلال تعاملات اجتماعی نشان می‌دهد.
۱۰۳	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را در زمان واقعی پردازش کند و تشخیص سریع‌تری ارائه دهد.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)	این قابلیت، امکان غربالگری بلادرنگ و با صرفه‌جویی در زمان را فراهم می‌کند که برای برنامه‌های غربالگری جمعیتی در مقیاس بزرگ حیاتی است.
۱۰۴	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها نیازمند داده‌های آموزشی متنوع و جامع است.	(۹) هاتو (۲۰۲۴)؛ (۱۳) واشنگتن و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر اهمیت تعمیم‌پذیری مدل تأکید دارد و هشدار می‌دهد که مدل‌های آموزش‌دیده بر روی داده‌های محدود ممکن است در برابر جمعیت‌های مختلف عملکرد ضعیفی داشته باشند.
۱۰۵	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی کودکان در معرض خطر اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این کد بر نقش پیش‌بینیکننده فناوری تأکید دارد، به این معنا که می‌توان از آن برای شناسایی کودکان در مراحل بسیار اولیه، حتی قبل از تثبیت تشخیص کامل، استفاده کرد.
۱۰۶	یادگیری عمیق می‌تواند رفتارهای اجتماعی کودکان را در محیط‌های طبیعی (مانند مهدکودک) تحلیل کند.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۲۰) لبلانک و همکاران (۲۰۲۰)	این یافته بر برتری ارزیابی در بافت طبیعی در مقابل محیط‌های ساختگی کلینیک تأکید دارد، زیرا رفتار کودک در محیط طبیعی خود قابل اعتمادتر و معتبرتر است.
۱۰۷	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند به شناسایی الگوهای رفتاری خاص در کودکان اختلال طیف خودمانده کمک کند.	(۳) دربالی و همکاران (۲۰۲۳)؛ (۱۵) بیری و همکاران (۲۰۲۰)	این کد بر قابلیت فناوری در خوشه‌بندی و رده‌بندی زیرگروه‌های رفتاری درون طیف اختلال طیف خودمانده دلالت دارد که می‌تواند به شخصی‌سازی درمان بینجامد.
۱۰۸	استفاده از یادگیری عمیق در تحلیل ویدئوها می‌تواند هزینه‌های تشخیص اختلال طیف خودمانده را کاهش دهد.	(۶) طارق و همکاران (۲۰۱۹)؛ (۱۰) عباس و همکاران (۲۰۱۷)	این گزاره به یکی از مزایای اقتصادی و عملی اصلی این فناوری اشاره می‌کند که امکان دسترسی بیشتر به خدمات تشخیصی را در مناطق محروم یا با منابع محدود فراهم می‌سازد.
۱۰۹	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی می‌تواند	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۱۱)	این کد بار دیگر بر محوریت زمانبندی مداخله تأکید می‌کند و

کد	متن	منبع	تحلیل و تفسیر
	به شناسایی کودکان اختلال طیف خودمانده در مراحل اولیه رشد کمک کند.	عباس و همکاران (۲۰۱۸)	تشخیص در مراحل اولیه رشد را کلید مؤثرترین نتایج درمانی می‌داند.
۱۱۰	یادگیری عمیق می‌تواند داده‌های ویدئویی را با دقت بالا پردازش کند و رفتارهای اجتماعی کودکان را ارزیابی نماید.	(۲) پراکاش و همکاران (۲۰۲۵)؛ (۵) سلیمان و همکاران (۲۰۲۲)	این کد توانایی فناوری در استخراج معیارهای کمّی دقیق از رفتارهای کیفی اجتماعی را برجسته می‌کند.
۱۱۱	تحلیل ویدئوهای تعاملات اجتماعی با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است.	(۸) وو و همکاران (۲۰۲۱)؛ (۱۴) صادق و همکاران (۲۰۱۹)	این نتیجه‌گیری کلی، شواهد فزاینده و اجماع در حال شکل‌گیری در ادبیات پژوهشی را در مورد امکان‌پذیری و سودمندی این رویکرد منعکس می‌کند.
۱۱۲	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده از طریق تحلیل ویدئویی می‌تواند مداخلات درمانی را مؤثرتر کند.	(۷) جین و همکاران (۲۰۲۴)؛ (۲۷) لئو و همکاران (۲۰۲۲)	این کد مجدداً بر پیام کلیدی ارتباط تشخیص و درمان تأکید می‌ورزد و ارزش نهایی فناوری را در بهبود کیفیت زندگی می‌داند.

در گام نخست تحلیل داده‌ها و با به‌کارگیری روش سنتز پژوهشی، محقق کدهای اولیه را از متن کامل ۲۹ مطالعه منتخب استخراج نمود؛ در این فرآیند، ۱۱۲ کد اولیه شناسایی گردید که پس از بررسی دقیق، برخی از آن‌ها به‌دلیل همپوشانی مفهومی و تکرار در منابع مختلف، در مراحل بعدی کدبندی محوری و گزینشی ادغام شدند. نمونه‌هایی از این کدهای اولیه (پیش از ادغام) در جدول ۲ به‌همراه تحلیل محقق ارائه شده است.

جدول ۳. کدگذاری گزینشی: مفاهیم و زیرمولفه‌های استخراج‌شده از کدهای مرتبط

تحلیل و تفسیر	کدهای مرتبط	مفاهیم (زیرمولفه‌ها)	دسته کلی
این دسته نشان می‌دهد که فقدان یا نقص در مؤلفه‌های بنیادین ارتباط اجتماعی (مانند تماس چشمی، ژست‌ها و بیان چهره‌ای) که توسط انسان به سادگی قابل مشاهده است، اکنون می‌تواند به صورت عینی، کمّی و در مقیاس بزرگ توسط الگوریتم‌ها اندازه‌گیری شود. این امر، هسته اصلی چالش‌های اجتماعی در اختلال طیف خودمانده را هدف می‌گیرد.	۲ – ۱۰ – ۱۴ – ۱۷ – ۲۲ – ۲۵ – ۳۱ – ۳۸ – ۴۵ – ۵۰ – ۵۵ – ۶۰ – ۶۵ – ۷۰ – ۷۵ – ۸۰ – ۸۵ – ۹۰ – ۹۵ – ۱۰۰ – ۱۰۵ – ۱۱۰	تحلیل رفتارهای غیرکلامی	تحلیل رفتارهای اجتماعی
تمرکز این مفهوم بر شناسایی الگوهای حرکتی کلیشه‌ای (مانند تکان دادن دستان) است که از مهم‌ترین نشانه‌های عینی و متمایزکننده اختلال طیف خودمانده محسوب می‌شود. تحلیل خودکار این رفتارها، امکان ردیابی دقیق‌تر فرکانس و شدت این الگوها را در طول زمان فراهم می‌کند.	۱۱ - ۱۸ - ۳۲ - ۳۹ - ۴۶ - ۵۳ - ۶۱ - ۶۸ - ۷۴ - ۸۱ - ۸۸ - ۹۴ - ۱۰۱ - ۱۰۸	شناسایی الگوهای حرکتی تکراری	
این مفهوم بر تفاوت در بیان و پردازش هیجانات به عنوان یک نشانگر قوی در اختلال طیف خودمانده تأکید دارد. فناوری با تحلیل ریزسیگنال‌های چهره، می‌تواند تفاوت‌های ظریف و اغلب ناخودآگاه در واکنش‌های هیجانی کودکان اختلال طیف خودمانده را که از دید مشاهده‌گر انسانی پنهان می‌ماند، شناسایی کند.	۱۰ - ۱۷ - ۲۴ - ۳۱ - ۳۸ - ۴۵ - ۵۲ - ۵۹ - ۶۶ - ۷۳ - ۸۰ - ۸۷ - ۹۴ - ۱۰۱ - ۱۰۸	تحلیل حالات چهره	
این مفهوم تحلیل را از سطح فرد به سطح تعامل دوطرفه ارتقا می‌دهد. هدف آن ارزیابی شکست در آغاز کردن تعامل، ناتوانی در پاسخ مناسب به دیگران و ناهماهنگی کلی در "رقص" ارتباط اجتماعی است که مشخصه کودکان اختلال طیف خودمانده می‌باشد.	۳ - ۱۰ - ۱۷ - ۲۴ - ۳۱ - ۳۸ - ۴۵ - ۵۲ - ۵۹ - ۶۶ - ۷۳ - ۸۰ - ۸۷ - ۹۴ - ۱۰۱ - ۱۰۸	شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف	
این مفهوم بر ابزارهای غربالگری غیرتهاجمی، مقیاس‌پذیر و کم‌هزینه تأکید دارد. استفاده از ویدئوهای معمولی (حتی ویدئوهای خانگی) به عنوان داده ورودی، تشخیص را از محیط محدود کلینیک به زندگی واقعی کودک گسترش می‌دهد و دسترسی به خدمات را دموکراتیک می‌سازد.	۴ - ۹ - ۱۵ - ۲۰ - ۲۶ - ۳۳ - ۴۰ - ۴۷ - ۵۴ - ۶۲ - ۶۹ - ۷۶ - ۸۳ - ۹۰ - ۹۷ - ۱۰۴ - ۱۱۱	استفاده از فناوری‌های بینایی ماشین	فناوری‌های تشخیصی

تحلیل و تفسیر	کدهای مرتبط	مفاهیم (زیرمولفه‌ها)	دسته کلی
این مفهوم به جمع‌آوری داده‌های فیزیولوژیک و حرکتی با وضوح بالا و مداوم می‌پردازد. این فناوری‌ها می‌توانند داده‌های ارزشمندی درباره سطح برانگیختگی، الگوهای خواب و فعالیت حرکتی ارائه دهند که مکمل ارزشمندی برای مشاهدات ویدئویی هستند.	۱۹ - ۲۶ - ۳۳ - ۴۰ - ۴۷ - ۵۴ - ۶۱ - ۶۸ - ۷۵ - ۸۲ - ۸۹ - ۹۶ - ۱۰۳ - ۱۱۰	استفاده از فناوری‌های پوشیدنی	
این مفهوم از ایجاد محیط‌های اجتماعی استانداردشده و قابل کنترل حمایت می‌کند. واقعیت مجازی این امکان را فراهم می‌کند که کودک در معرض محرک‌های اجتماعی یکسان و قابل تکرار قرار گیرد، که این امر ارزیابی را عینی‌تر و مقایسه بین کودکان و بین جلسات مختلف را ممکن می‌سازد.	۸ - ۱۵ - ۲۲ - ۲۹ - ۳۶ - ۴۳ - ۵۰ - ۵۷ - ۶۴ - ۷۱ - ۷۸ - ۸۵ - ۹۲ - ۹۹ - ۱۰۶	استفاده از واقعیت مجازی	
این مفهوم، قلب فنی این پژوهش را تشکیل می‌دهد. این الگوریتم‌ها به دلیل توانایی در یادگیری الگوهای پیچیده و غیرخطی از داده‌های خام (مانند پیکسل‌های ویدئو)، به عنوان قدرتمندترین ابزار برای استخراج خودکار نشانگرهای رفتاری مرتبط با اختلال طیف خودمانده شناخته می‌شوند.	۶ - ۱۳ - ۲۱ - ۲۸ - ۳۵ - ۴۲ - ۴۹ - ۵۶ - ۶۳ - ۷۰ - ۷۷ - ۸۴ - ۹۱ - ۹۸ - ۱۰۵ - ۱۱۲	کاربرد شبکه‌های عصبی عمیق	یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی
این مفهوم به پیش‌نیاز اساسی توسعه مدل‌های قابل اعتماد می‌پردازد. کیفیت و کمیت داده‌های آموزشی به طور مستقیم بر دقت، قابلیت اطمینان و توانایی تعمیم مدل به کودکان جدید تأثیر می‌گذارد. این موضوع یکی از چالش‌های اصلی در مسیر کاربردی کردن این فناوری است.	۹ - ۱۶ - ۲۳ - ۳۰ - ۳۷ - ۴۴ - ۵۱ - ۵۸ - ۶۵ - ۷۲ - ۷۹ - ۸۶ - ۹۳ - ۱۰۰ - ۱۰۷	آموزش مدل‌های یادگیری عمیق	
این مفهوم، هدف نهایی و ارزش اصلی تمامی تلاش‌های فناورانه در این حوزه را نمایندگی می‌کند. تشخیص در مراحل اولیه رشد، پنجره طلایی برای مداخلات رفتاری فشرده را باز می‌کند که می‌تواند مسیر رشد عصبی کودک را به طور معناداری بهبود بخشد و نتایج بلندمدت را متحول کند.	۱ - ۷ - ۱۴ - ۲۱ - ۲۸ - ۳۵ - ۴۲ - ۴۹ - ۵۶ - ۶۳ - ۷۰ - ۷۷ - ۸۴ - ۹۱ - ۹۸ - ۱۰۵ - ۱۱۲	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده	تشخیص زودهنگام
این مفهوم، هدف نهایی و ارزش اصلی تمامی تلاش‌های فناورانه در این حوزه را نمایندگی می‌کند. تشخیص در مراحل اولیه رشد، پنجره طلایی برای مداخلات رفتاری فشرده را باز می‌کند که می‌تواند مسیر رشد عصبی کودک را به طور معناداری بهبود بخشد و نتایج بلندمدت را متحول کند.	۸ - ۱۶ - ۲۴ - ۳۰ - ۳۷ - ۴۴ - ۵۱ - ۵۸ - ۶۶ - ۷۳ - ۸۰ - ۸۷ - ۹۴ - ۱۰۱ - ۱۰۸	بهبود دقت تشخیص با داده‌های چندرسانه‌ای	تحلیل داده‌های چندرسانه‌ای
این مفهوم به چالش فنی ادغام و هم‌ترازی داده‌های ناهمگن می‌پردازد. توسعه معماری‌های شبکه‌های عصبی که بتوانند به طور مؤثر از این داده‌های چندمنبعی یاد بگیرند، یک مرز پژوهشی پیشرفته در این حوزه است.	۵ - ۱۲ - ۲۰ - ۲۷ - ۳۴ - ۴۱ - ۴۸ - ۵۵ - ۶۲ - ۶۹ - ۷۶ - ۸۳ - ۹۰ - ۹۷ - ۱۰۴ - ۱۱۱	تحلیل داده‌های چندرسانه‌ای	
این مفهوم عمدتاً به استفاده از سیگنال‌های EEG یا fNIRS اشاره دارد که اگرچه در داده‌های ویدئویی شما کمتر دیده می‌شود، اما نشان‌دهنده گرایش به سمت استفاده از نشانگرهای عصب‌زیست‌شناختی برای افزایش اعتبار تشخیص است.	۵ - ۱۲ - ۱۹ - ۲۶ - ۳۳ - ۴۰ - ۴۷ - ۵۴ - ۶۱ - ۶۸ - ۷۵ - ۸۲ - ۸۹ - ۹۶ - ۱۰۳ - ۱۱۰	تحلیل داده‌های عصبی	
این دسته کلی بر این ایده استوار است که اختلال در یکپارچگی حسی–حرکتی و سیستم نورون آینه‌ای در اختلال طیف خودمانده ، خود را در الگوهای حرکتی غیرطبیعی (از جمله ژست‌ها، راه رفتن و هماهنگی دوطرفه) نشان می‌دهد. این الگوها می‌توانند به عنوان یک پراکسی عینی برای اختلالات عصبی زیربنایی مورد استفاده قرار گیرند.	۱۱ - ۱۸ - ۲۵ - ۳۲ - ۳۹ - ۴۶ - ۵۳ - ۶۰ - ۶۷ - ۷۴ - ۸۱ - ۸۸ - ۹۵ - ۱۰۲ - ۱۰۹	تحلیل رفتارهای حرکتی	تحلیل رفتارهای حرکتی

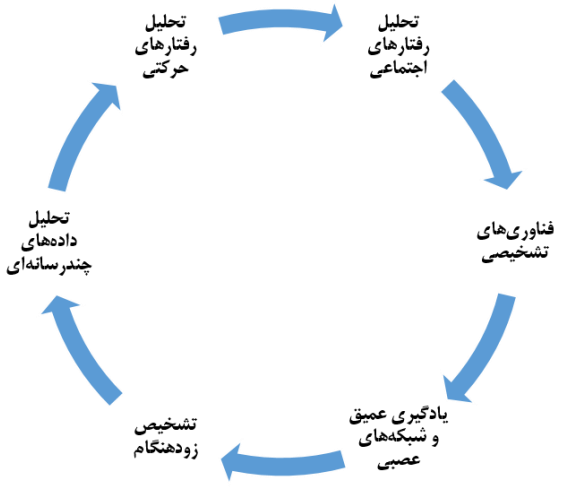
در گام دوم فرآیند تحلیل داده‌ها، ۱۱۲ کد باز استخراج‌شده از متن ۲۹ مطالعه منتخب توسط دو پژوهشگر مستقل (محقق اول و محقق همکار با حداقل ۳ سال تجربه در تحلیل داده‌های کیفی) به‌صورت جداگانه دسته‌بندی شدند. پس از کدبندی مستقل، ضریب توافق بین کدگذاران با استفاده از ضریب کاپای کوهن (= Cohen's Kappa 0.82) محاسبه گردید که نشان‌دهنده توافق مناسب بین کدگذاران بود(لیندیس و کوچ[1]، ۱۹۷۷). در موارد عدم توافق (۱۸ مورد از ۱۱۲ کد)، با برگزاری جلسه بحث و رسیدن به اجماع، کدهای نهایی تأیید شدند. در نتیجه این فرآیند، کدهای باز در ۱۴ مفهوم (زیرمؤلفه) گروه‌بندی شدند که هر مفهوم مجموعه‌ای از کدهای هم‌معنا و مرتبط ازنظر موضوعی را در بر می‌گیرد. این مفاهیم نمایانگر جنبه‌های کلیدی کاربرد یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده هستند که از تحلیل سیستماتیک داده‌ها استخراج گردیده‌اند.

جدول ٤. کد گذاری انتخابی

مولفه‌های اصلی	مفاهیم (زیرمولفه‌ها)	تحلیل و تفسیر
تحلیل رفتارهای اجتماعی	تحلیل رفتارهای غیرکلامی، شناسایی الگوهای حرکتی تکراری، تحلیل حالات چهره، شناسایی الگوهای ارتباطی ضعیف	هسته محتوایی و بالینی پژوهش را تشکیل می‌دهد. تمرکز شناسایی و اندازه‌گیری عینی همان نشانگرهای رفتاری است که متخصصان بالینی به طور سنتی برای تشخیص اختلال طیف خودمانده مورد استفاده قرار می‌دهند (مانند نقص در تماس چشمی، زبان بدن و تعامل دوطرفه). ارزش افزوده فناوری در اینجا، کمّی سازی، عینیت بخشی و حذف سوگیری‌ها از فرآیند مشاهده و ارزیابی رفتارها است.
فناوری‌های تشخیصی	استفاده از فناوری‌های بینایی ماشین، استفاده از فناوری‌های پوشیدنی، استفاده از واقعیت مجازی	این مولفه نمایانگر ابزارها و پلتفرم‌های نوین برای جمع‌آوری داده است. این فناوری‌ها امکان ثبت رفتارها را در محیط‌های طبیعی و غیرمحرک (مانند خانه) فراهم می‌کنند، که این امر به داده‌هایی با اعتبار اکولوژیک بالاتر منجر می‌شود. این مولفه پایه و اساس عملیاتی شدن ایده تحلیل عینی رفتار را می‌سازد و تشخیص را از محیط مصنوعی کلینیک به زندگی واقعی بیمار گسترش می‌دهد.
یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی	کاربرد شبکه‌های عصبی عمیق، آموزش مدل‌های یادگیری عمیق	این مولفه، مغز متفکر و موتور پردازشی پژوهش محسوب می‌شود. این الگوریتم‌ها هستند که داده‌های خام و پیچیده (پیکسل‌های ویدئو، سیگنال‌های حرکتی) را به نشانگرهای تشخیصی معنادار تبدیل می‌کنند. توانایی این مدل‌ها در یادگیری الگوهای پیچیده و ظریف از داده‌ها، امکان خودکارسازی و افزایش مقیاسپذیری فرآیند تشخیص را فراهم می‌آورد. موفقیت این مولفه مستقیماً به کیفیت و کمیت داده‌های آموزشی (زیرمولفه دوم) وابسته است.
تشخیص زودهنگام	تشخیص زودهنگام اختلال طیف خودمانده	این مولفه، هدف غایی و ارزش نهایی تمامی تلاش‌های صورت گرفته در سه مولفه دیگر است. این مولفه بر این اصل استوار است که "زمان، عصاره طلاست". شناسایی اختلال در اولین پنجره طلایی رشد (معمولاً پیش از ۳ سالگی) این فرصت را ایجاد می‌کند که مداخلات رفتاری فشرده در حساس‌ترین دوره رشد مغز انجام شود، که می‌تواند به بهبود چشمگیر در مهارت‌های اجتماعی، ارتباطی و شناختی بینجامد و حتی از بروز معلولیت‌های شدیدتر در آینده پیشگیری کند.
تحلیل داده‌های چندرسانه‌ای	بهبود دقت تشخیص با داده‌های چندرسانه‌ای، تحلیل داده‌های چندرسانه‌ای، تحلیل داده‌های عصبی	این مولفه بر رویکرد یکپارچه و چندبعدی به ارزیابی تأکید دارد. از آنجایی که اختلال طیف خودمانده یک اختلال عصبی–رشدی چندسیستمی است، اتکا به یک منبع داده واحد (مثلاً فقط تصویر) ممکن است ناقص باشد. این مولفه استدلال می‌کند که تلفیق هوشمندانه داده‌ها از منابع مکمل (صدا، حرکت، نگاه، فیزیولوژی) می‌تواند یک "امضای تشخیصی" قوی‌تر و قابل اعتمادتر ایجاد کند و تصویر کامل‌تری از وضعیت کودک ارائه دهد.
تحلیل رفتارهای حرکتی	تحلیل رفتارهای حرکتی	این مولفه بر این بینش عصبرشدیدی استوار است که "حرکت، پنجره‌ای به مغز است". بسیاری از کودکان اختلال طیف خودمانده ، الگوهای حرکتی غیرطبیعی (از جمله ناهماهنگی، تونوس عضلانی غیرمعمول یا حرکات تکراری) از خود نشان می‌دهند که بازتاب‌دهنده اختلالات در سازماندهی عصبی–حرکتی زیربنایی است. تحلیل عینی این الگوها نه تنها یک نشانگر تشخیصی ارزشمند است، بلکه می‌تواند برای ردیابی پیشرفت درمان نیز مورد استفاده قرار گیرد.

1 Landis & Koch

در مرحله آخر مطابق جدول ۴، محقق مفاهیم یا زیر مؤلفه‌ها را طبق روند سنتز پژوهشی در ۶ مقوله یا مؤلفه اصلی ادغام نمود. در شکل ۱ الگوی پیشنهادی پژوهش ارائه می‌گردد. یافته‌ها نشان می‌دهد که مطالعات موجود عمدتاً بر دقت تشخیصی (تا ٪۹۴) متمرکز بوده و از سه رویکرد اصلی تحلیل شاخص‌های عینی رفتاری، تلفیق داده‌های چندوجهی و طراحی محیط‌های تعاملی هوشمند استفاده کرده‌اند. گرچه ابعاد اخلاقی، قابلیت تعمیم به جمعیت‌های مختلف و شفافیت الگوریتمی کمتر مورد توجه قرار گرفته است که باید در پژوهش‌های آینده مدنظر باشد. همچنین پژوهش حاضر نشان می‌دهد که یادگیری عمیق از طریق سه مسیر اصلی به بهبود تشخیص اختلال طیف خودمانده کمک می‌کند: نخست، با تحلیل عینی رفتارهای اجتماعی شامل حالات چهره، تماس چشمی و الگوهای ارتباطی؛ دوم، با شناسایی الگوهای حرکتی خاص مانند رفتارهای تکراری و کلیشه‌ای؛ و سوم، از طریق یکپارچه‌سازی داده‌های چندرسانه‌ای که امکان ارزیابی چندبعدی از وضعیت کودک را فراهم می‌سازد. این یافته حاکی از آن است که رویکردهای مبتنی بر یادگیری عمیق می‌توانند با کاهش وابستگی به قضاوت ذهنی، دقت و عینیت فرآیند تشخیص را به طور معناداری افزایش دهند.



شکل ۱. الگوی پیشنهادی پژوهش

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی کاربرد یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تعاملات اجتماعی برای تشخیص زودهنگام علائم اختلال طیف خودمانده در کودکان پیش‌دبستانی انجام شد. یافته‌های حاصل از سنتز نظام‌مند ۲۹ مطالعه منتخب، منجر به استخراج ۱۱۲ کد اولیه، ۱۴ مضمون فرعی و در نهایت ۶ مولفه اصلی شد که چارچوب جامعی از قابلیت‌های یادگیری عمیق در این حوزه را ارائه می‌نمایند.

یافته‌های این مطالعه از قابلیت استفاده گسترده یادگیری عمیق در تحلیل ویدئو برای تشخیص اختلال طیف خودمانده حمایت می‌کند و با شواهد متاآنالیزی جدید همخوانی دارد که حساسیت ترکیبی ۰/۸۸ و اختصاصیت ترکیبی ۰/۷۶ را برای فناوری‌های تشخیصی مبتنی بر ویدئو گزارش کرده‌اند (وانگ و همکاران،۲۰۲۵). به‌طور خاص این فراتحلیل نشان دهنده آن است که فناوری‌های مبتنی بر یادگیری ماشین در مقابل دو دسته دیگر، یعنی ویدئوکنفرانس و ضبط ویدئویی دارای حساسیت ۰/۹۳ و معیار ۰/۸۳ به صورت معنی‌دار بالاتر است. این نتیجه تأکید میکند بر مزیت و برتری رویکردهای کاملا خودکار در استخراج عینی و مقیاس‌پذیر نشانگرهای رفتاری که در مؤلفه یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی این سنتز نیز برجسته شده بود.

در مقایسه با یافته‌های پژوهش‌های پیشین، نتایج این مطالعه با کارهای محققانی چون پراکاش و همکاران (۲۰۲۵) و کای و همکاران (۲۰۲۲) که بر دقت بالای مدل‌های یادگیری عمیق در تحلیل ویدئویی تأکید داشتند، همسو است. همچنین، یافته‌های مربوط به تحلیل حالات چهره توسط دربالی و همکاران (۲۰۲۳) و شناسایی الگوهای حرکتی توسط لاکاپراگادا و همکاران (۲۰۲۲) تأیید می‌کنند که این فناوری قادر به شناسایی نشانگرهای رفتاری ظریف است. این یافته با نتایج قوتی و همکاران (۲۰۲۵) همخوانی دارد که تأکید کردند کودکان با اختلال طیف خودمانده در مقایسه با کودکان طبیعی، عملکرد ضعیف‌تری در مهارت‌های ارتباطی اولیه دارند.با این تمایز که پژوهش حاضر به طور خاص بر تشخیص زودهنگام در کودکان پیش‌دبستانی و در بستر تعاملات اجتماعی طبیعی متمرکز بوده است، حال آنکه بسیاری از مطالعات پیشین بر گروه‌های سنتی بالاتر یا محیط‌های ساختگی تمرکز داشتند. نتایج

این پژوهش نشان می‌دهد که مؤلفه‌هایی مانند تحلیل رفتارهای غیرکلامی و بازی‌ها و محیط‌های آموزشی نقش مهمی در شناخت و ارزیابی رفتارهای اجتماعی دارند. به عنوان مثال کیم و همکاران (۲۰۲۵) با طراحی سه پروتکل کوتاه مبتنی بر بازی (پاسخ به نام، تقلید و بازی با توپ) که در محیط خانه اجرا می‌شوند نشان دادند که می‌توان تعاملات اجتماعی را به شکلی طبیعی و در عین حال ساختاریافته بررسی کرد و از آن برای استخراج نشانگرهای کلیدی اختلال طیف خودمانده مانند تأخیر در پاسخ و کاهش تماس چشمی بهره برد. این مطالعه همچنین استفاده از تکنیک‌های قابل تفسیر مانند شپ[1] را در کنار مدل‌های یادگیری عمیق بررسی کرد که نه تنها به افزایش دقت تشخیص کمک می‌کند بلکه با همسوسازی ویژگی‌های مهم شناسایی‌شده (مانند تأخیر پاسخ) با دانش بالینی موجود، اعتبار بالینی مدل را نیز تقویت می‌کند.تحلیل نهایی حاکی از آن است که علیرغم پتانسیل بالای یادگیری عمیق، چالش‌های مهمی پیش روی کاربردی کردن این فناوری وجود دارد. نیاز به داده‌های آموزشی بزرگ و متنوع، مشکل تفسیرپذیری مدل‌های پیچیده، و ضرورت یکپارچه‌سازی این سیستم‌ها با فرآیندهای بالینی سنتی، از جمله موانع اصلی هستند. به باور نویسندگان، کلید موفقیت در آینده، توسعه مدل‌هایی است که نه تنها از دقت آماری بالایی برخوردار باشند، بلکه بتوانند تفاوت‌های فردی بین کودکان را درک کرده و توسط متخصصان بالینی به عنوان ابزاری کمکی مورد اعتماد قرار گیرند.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین، به‌ویژه هوش مصنوعی و علوم عصب‌شناختی، پتانسیل بالایی در بهبود آموزش انفرادی و شخصی‌سازی‌شده برای دانش‌آموزان دارای اختلال طیف خودمانده دارند. تحلیل و تفسیر این یافته حاکی از آن است که هوش مصنوعی نه تنها در تشخیص و ارزیابی، بلکه در طراحی ابزارهای سنجش شناختی و رفتاری برای دانش‌آموزان اختلال طیف خودمانده نیز می‌تواند مفید واقع شود (الکهتانی[2] و همکاران، ۲۰۲۳). به باور ما، این امر از آن جهت حائز اهمیت است که این فناوری‌ها امکان شناسایی دقیق‌تر و سریع‌تر علائم اختلال طیف خودمانده را فراهم نموده و می‌توانند به مثابه ابزارهای کمکی در نظام آموزشی مورد استفاده قرار بگیرند.

در تبیین این موضوع باید افزود که فناوری‌های پوشیدنی و اینترنت اشیا امکان پایش مداوم رفتار و حالات هیجانی کودکان اختلال طیف خودمانده را فراهم می‌نمایند. تحلیل ما نشان می‌دهد که این ابزارها می‌توانند به‌عنوان مداخله‌های آموزشی مؤثر در فرآیند یاددهی–یادگیری دانش‌آموزان اختلال طیف خودمانده مورد بهره‌گیری قرار بگیرند. این یافته زمانی معنادار می‌شود که در نظر بگیریم کودکان اختلال طیف خودمانده به خوبی با فناوری‌ها ارتباط برقرار می‌کنند (آهوجا[3] و همکاران، ۲۰۲۲).

از نگاه تحلیلی، نتایج این پژوهش و همچنین پژوهش‌های همسو نشان می‌دهند که تحلیل داده‌های عصبی و رفتاری با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، امکان شناسایی الگوهای رفتاری و شناختی را فراهم می‌نماید. در تفسیر این نتیجه باید اذعان داشت که این امر می‌تواند به حل یکی از بزرگ‌ترین موانع در فرآیند یاددهی–یادگیری دانش‌آموزان اختلال طیف خودمانده ، یعنی عدم تشخیص دقیق و منحصربه‌فرد، کمک نماید.

در تبیین نظری این یافته‌ها می‌توان اشاره کرد که همخوانی با نظریه نوروفیدبک و انعطاف‌پذیری عصبی نشان می‌دهد که آموزش شخصی‌سازی‌شده و مداخلات زودهنگام می‌توانند تأثیر قابل‌توجهی در بهبود عملکرد تحصیلی و شناختی دانش‌آموزان اختلال طیف خودمانده ایفا نمایند (پریرا[4] و همکاران، ۲۰۲۴). تحلیل نهایی ما حاکی از آن است که تلفیق هوش مصنوعی با علوم عصب‌شناختی می‌تواند پارادایم جدیدی در آموزش و توانبخشی دانش‌آموزان دارای اختلال طیف خودمانده ایجاد کند. این یافته با نتایج مرادی و همکاران (۲۰۲۵) نیز همسو است که نشان دادند سبک یادگیری دیداری‌محور کودکان اتیسم آنان را برای بهره‌گیری از راهبردهای آموزشی مبتنی بر فناوری مستعد می‌سازد. همچنین مرور نظام‌مند شفیعی و همکاران (۲۰۲۳) مؤید آن است که آموزش

1. SHAP
2. Alkahtani
3. Ahuja
4. Pereira

رایانه‌محور در مقایسه با روش‌های سنتی، در کسب مهارت‌های تحصیلی دانش‌آموزان با اختلال طیف خودمانده اثربخشی بیشتری دارد.

یافته‌های این سنتزپژوهی نشان می‌دهد که فناوری‌های تشخیصی نوین، به‌ویژه ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، می‌توانند نقش تحول‌آفرینی در بهبود فرآیند تشخیص اختلال طیف خودمانده ایفا نمایند. در تبیین این یافته می‌توان استدلال کرد که هوش مصنوعی با ارائه تحلیل‌های عینی و کمّی از رفتار، می‌تواند بر چالش ذهنی بودن ارزیابی‌های سنتی غلبه کند. برای مثال، بهره‌گیری از فناوری‌های پوشیدنی و اینترنت اشیا امکان پایش مداوم و همه‌جانبه رفتارها و حالات هیجانی کودکان را در محیط‌های طبیعی فراهم می‌آورد. این امر از آن جهت حائز اهمیت است که این ابزارها می‌توانند داده‌های ارزشمندی درباره فعالیت‌های روزانه کودکان گردآوری کرده و به مربیان و درمانگران کمک نمایند تا مداخلات مناسب را در زمان بهینه و بر اساس شواهد عینی انجام دهند.

در تفسیر یافته‌های مرتبط با یادگیری عمیق باید اذعان داشت که شبکه‌های عصبی به دلیل توانایی ذاتی در شناسایی الگوهای پیچیده و غیرخطی در داده‌های ویدئویی، می‌توانند نشانگرهای رفتاری ظریف اختلال طیف خودمانده را که از دید مشاهده‌گر انسانی پنهان می‌مانند، شناسایی نمایند. تحلیل این قابلیت نشان می‌دهد که آموزش مدل‌های یادگیری عمیق بر روی داده‌های بزرگ و متنوع می‌تواند به شناسایی علائم اختلال طیف خودمانده در مراحل اولیه کمک شایانی نماید. این یافته زمانی معنادار می‌شود که در نظر بگیریم تشخیص زودهنگام یکی از چالش‌های اصلی در حوزه آموزش و درمان کودکان اختلال طیف خودمانده بوده و تشخیص دیرهنگام می‌تواند تأثیر جبران‌ناپذیری بر روند رشد و یادگیری آنان داشته باشد. قوتی و همکاران (۲۰۲۵) نیز بر ضرورت غربالگری زودهنگام مهارت‌های ارتباطی اولیه در کودکان با اختلال طیف خودمانده تأکید کرده‌اند.

نهایتاً می‌توان برداشت کرد که کودکان اختلال طیف خودمانده اغلب رفتارهای حرکتی تکراری (مانند تکان دادن دست‌ها یا چرخیدن) از خود نشان داده و در برخی از والدین و مربیان اشاره کردند که این رفتارها اغلب در مراحل اولیه رشد کودک قابل‌مشاهده می‌باشند، اما تشخیص آن‌ها به‌صورت دقیق و علمی نیازمند ابزارهای پیشرفته می‌باشد. با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود: پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده بر توسعه و بهبود فناوری‌های پوشیدنی و اینترنت اشیا متمرکز شوند تا بتوانند داده‌های رفتاری و هیجانی کودکان اختلال طیف خودمانده را به‌صورت مداوم و دقیق‌تر پایش کنند. افزون بر این پیشنهاد می‌شود که این فناوری‌ها در طراحی برنامه‌های آموزشی برای کودکان اختلال طیف خودمانده به کار گرفته شوند تا محیط‌های تعاملی و ایمنی برای تمرین مهارت‌های اجتماعی فراهم شود..

این مطالعه با محدودیت‌هایی همراه بوده که می‌بایست در تعمیم نتایج مورد توجه قرار گیرد. دسترسی نداشتن به تمامی مقالات مرتبط به دلیل محدودیت‌های زبانی و دسترسی به پایگاه‌های داده، نخستین محدودیت محسوب می‌شود. همچنین، تمرکز اکثر مطالعات مورد بررسی بر محیط‌های کنترل‌شده به جای شرایط طبیعی زندگی، ممکن است تا حدی از اعتبار اکولوژیک یافته‌ها بکاهد. علاوه بر این، نبود مطالعات طولی با پیگیری بلندمدت، ارزیابی دقیق اثربخشی این فناوری‌ها در طول زمان را با چالش مواجه ساخته است. در مسیر کاربردی‌سازی این فناوری‌ها نیز موانع مهمی وجود دارد. به‌عنوان مثال تمرکز جغرافیایی محدود پژوهش‌ها و اعتبارسنجی نشدن آن‌ها در جمعیت‌های متنوع (وانگ و همکاران، ۲۰۲۵) همراه با کمبود داده‌های برچسب‌خورده باکیفیت در مقیاس بزرگ، تعمیم‌پذیری ابزارهای موجود را با چالش مواجه می‌کند. از این‌رو تدوین پروتکل‌های ملی و ایجاد بانک داده‌های بومی، گامی ضروری برای آموزش مدل‌های معتبر و بررسی تطبیق‌پذیری فرهنگی آن‌ها به‌شمار می‌رود. این ملاحظات لزوم توجه به گام‌های عملی بومی‌سازی را برجسته می‌سازد.

مرادی و همکاران (۲۰۲۵) بر تقویت زیرساخت‌های فناورانه و استفاده از راهبردهای آموزشی مبتنی بر فناوری برای دانش‌آموزان با اختلال طیف اتیسم تأکید کرده‌اند.در راستای بومی‌سازی این فناوری‌ها در کشور بنابراین پیشنهاد می‌شود مراکز پژوهشی با همکاری دانشگاه‌های علوم پزشکی، نسبت به طراحی و توسعه بانک اطلاعاتی ویدئویی از رفتارهای کودکان ایرانی اقدام نمایند. همچنین، مراکز توانبخشی می‌توانند با بهره‌گیری از سیستم‌های تحلیل ویدئویی ساده، غربالگری اولیه را در مهدکودک‌ها و

پایگاه‌های سلامت محلات تسهیل نمایند. در سطح کلان، وزارت بهداشت می‌تواند با تدوین پروتکل‌های استاندارد، استفاده از این فناوری‌ها را در چارچوب نظام سلامت کشور ساماندهی کند. در پایان، آموزش متخصصان حوزه کودک در زمینه کاربردهای عملی این فناوری‌ها، می‌توانند گام مؤثری در جهت بهره‌برداری بهینه از این نوآوری‌ها باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه اراک در قالب طرح دستیار پژوهشی انجام شده است. نویسندگان از حمایت‌های علمی و مادی این دانشگاه و همچنین همکاری‌های ارزشمند اعضای هیئت علمی گروه علوم تربیتی دانشگاه اراک در فرآیند تدوین پروتکل پژوهش، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان این پژوهش اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع مالی، شخصی یا تجاری که بتواند بر فرآیند انجام مطالعه، تحلیل داده‌ها، تفسیر یافته‌ها یا تصمیم‌گیری برای انتشار نتایج تأثیرگذار باشد، وجود نداشته است. در این مطالعه حمایت مالی مذکور هیچ‌گونه تأثیری بر طراحی، اجرا و گزارش‌دهی پژوهش نداشته است.

منابع

حسن زاده، س.، شاویسی، س و ارجمند نیا، ع. ا. (۱۴۰۴). مقایسه اثربخشی سیستم ارتباط مبادله تصویر و آموزش گفتار بر رشد مهارت‌های ارتباطی و اجتماعی کودکان طیف خودمانده بدون کلام. *توانمندسازی کودکان استثنایی*، ۱۶(۴)، ۱۳-۱. [link]

زارعی مردخه، ف.، حسین‌خانزاده، ع و خسروجاوید، م. (۱۴۰۵). اثربخشی داستان‌های اجتماعی مبتنی بر نظریه‌گری با شیوه ویدئویی بر مهارت اجتماعی و پرخاشگری کودکان با اختلال طیف خودمانده. *توانمندسازی کودکان استثنایی*، ۱۷(۱)، ۱۳-۱. [link]

مرادی ر و زارعی زوارکی ا. (۱۳۹۳). کاربرد آموزش فن آوری چندرسانه ای در حیطه مهارت های اجتماعی دانش آموزان اتیسم. *تعلیم و تربیت استثنایی*. ۱ (۱۲۳)، ۶۵-۵۷. [link]

مرادی، ر و کاشی، ک. (۱۴۰۳). *واکاوی و شناسایی قابلیت‌های حمایتی هوش مصنوعی برای افراد دارای اختلال طیف اوتیسم: یک مطالعه نظام مند*، اولین کنفرانس ملی هوش مصنوعی در آموزش و یادگیری، دانشگاه خوارزمی تهران. [link]

Abbas, H., Garberson, F., Glover, E., & Wall, D. P. (2017). Machine learning for early detection of autism (and other conditions) using a parental questionnaire and home video screening. In *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 3558-3561). IEEE. [link]

Abbas, H., Garberson, F., Glover, E., & Wall, D. P. (2018). Machine learning approach for early detection of autism by combining questionnaire and home video screening. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 25(8), 1000-1007. [link]

Ahuja, D., Sarkar, A., Chandra, S., & Kumar, P. (2022). Wearable technology for monitoring behavioral and physiological responses in children with autism spectrum disorder: A literature review. *Technology and Disability*, 34(2), 69-84. [link]

Alkahtani, H., Aldhyani, T. H., & Alzahrani, M. Y. (2023). Early screening of autism spectrum disorder diagnoses of children using artificial intelligence. *Journal of Disability Research*, 2(1), 14-25. [link]

Atlam, E. S., Aljuhani, K. O., Gad, I., Abdelrahim, E. M., Atwa, A. E. M., & Ahmed, A. (2025). Automated identification of autism spectrum disorder from facial images using explainable deep learning models. *Scientific Reports*, 15(1), 26682. [link]

Beary, M., Hadsell, A., Messersmith, R., & Hosseini, M. P. (2020). Diagnosis of autism in children using facial analysis and deep learning. *arXiv preprint arXiv:2008.02890*. [link]

Cai, M., Li, M., Xiong, Z., Zhao, P., Li, E., & Tang, J. (2022, September). An advanced deep learning framework for video-based diagnosis of asd. In *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention* (pp. 434-444). Cham: Springer Nature Switzerland. [link]

Chen, S., Jiang, M., & Zhao, Q. (2024). Deep learning to interpret autism spectrum disorder behind the camera. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 16(5), 1803-1813. [link]

Cilia, F., Carette, R., Elbattah, M., Dequen, G., Guérin, J. L., Bosche, J., ... & Le Driant, B. (2021). Computer-aided screening of autism spectrum disorder: eye-tracking study using data visualization and deep learning. *JMIR human factors*, 8(4), e27706. [link]

Derbali, M., Jarrah, M., & Randhawa, P. (2023). Autism spectrum disorder detection: Video games based facial expression diagnosis using deep learning. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 14(1). [link]

Ghosn, F., Navalón, P., Pina-Camacho, L., Almansa, B., Sahuquillo-Leal, R., Moreno-Giménez, A., ... & García-Blanco, A. (2022). Early signs of autism in infants whose mothers suffered from a threatened preterm labour: a 30-month prospective follow-up study. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 1-13. [link]

Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). Deep learning (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT press. [link]

Ghovati, F., Ashtari, A., Soleimani, F., Zarifian, T., Vahedi, M., & Goshtai, S. M. (2025). An investigation and comparison of early communication skills in Persian-speaking children with autism spectrum disorder using communication skills checklist (CSC). Journal of Rehabilitation, 26(3), 422-445. [link]

Hato, S. (2024). *Deep learning approaches to predicting autism spectrum disorder diagnosis from video data* (Master's thesis). [link]

Jin, L., Cui, H., Zhang, P., & Cai, C. (2024). Early diagnostic value of home video–based machine learning in autism spectrum disorder: a meta-analysis. *European Journal of Pediatrics*, 184(1), 37. [link]

Kim, D. Y., Do, R., Shin, Y., Sim, H., Kim, H., Cho, S., ... & Kim, B. N. (2025). Automated AI based identification of autism spectrum disorder from home videos. *npj Digital Medicine, 8*(1), 607. [link]

Kojovic, N., Natraj, S., Mohanty, S. P., Maillart, T., & Schaer, M. (2021). Using 2D video-based pose estimation for automated prediction of autism spectrum disorders in young children. *Scientific Reports*, 11(1), 15069. [link]

Lakkapragada, A., Kline, A., Mutlu, O. C., Paskov, K., Chrisman, B., Stockham, N., ... & Wall, D. P. (2022). The classification of abnormal hand movement to aid in autism detection: Machine learning study. *JMIR Biomedical Engineering*, 7(1), e33771. [link]

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. biometrics, 159-174. [link]

Leblanc, E., Washington, P., Varma, M., Dunlap, K., Penev, Y., Kline, A., & Wall, D. P. (2020). Feature replacement methods enable reliable home video analysis for machine learning detection of autism. *Scientific reports*, 10(1), 21245. [link]

Leo, M., Bernava, G. M., Carcagnì, P., & Distante, C. (2022). Video-based automatic baby motion analysis for early neurological disorder diagnosis: State of the art and future directions. *Sensors*, 22(3), 866. [link]

Lu, A., & Perkowski, M. (2021). Deep learning approach for screening autism spectrum disorder in children with facial images and analysis of ethnoracial factors in model development and application. *Brain Sciences*, 11(11), 1446. [link]

Meng, F., Li, F., Wu, S., Yang, T., Xiao, Z., Zhang, Y., ... & Luo, X. (2023). Machine learning-based early diagnosis of autism according to eye movements of real and artificial faces scanning. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1170951. [link]

Moradi, R., Sharifidaramadi, P., & Rezaei, Z. (2025). Analyze the lived experience of teachers with students on the autism spectrum in virtual education: a phenomenological study. Journal of Exceptional Education, 24(184), 67-78. [link]

Park, S., Chang, S., & Oh, J. (2024). Utilizing deep learning for early diagnosis of autism: Detecting self-stimulatory behavior. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 148-158. [link]

Pereira, D. J., Morais, S., Sayal, A., Pereira, J., Meneses, S., Areias, G., ... & Castelo-Branco, M. (2024). Neurofeedback training of executive function in autism spectrum disorder: distinct effects on brain

activity levels and compensatory connectivity changes. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 16(1), 14. [link]

Perochon, S., Di Martino, J. M., Carpenter, K. L., Compton, S., Davis, N., Eichner, B., ... & Dawson, G. (2023). Early detection of autism using digital behavioral phenotyping. *Nature Medicine*, 29(10), 2489-2497. [link]

Prakash, V. G., Kohli, M., Prathosh, A. P., Juneja, M., Gupta, M., Sairam, S., ... & Goyal, N. (2025). Video-based real-time assessment and diagnosis of autism spectrum disorder using deep neural networks. *Expert Systems,* 42(1), e13253. [link]

Sadiq, S., Castellanos, M., Moffitt, J., Shyu, M. L., Perry, L., & Messinger, D. (2019, November). Deep learning-based multimedia data mining for autism spectrum disorder (ASD) diagnosis. In 2019 international conference on data mining workshops (ICDMW) (pp. 847-854). IEEE. [link]

Shafiee, E., Arjmandnia, A. A., Ghasemzadeh, S., Hasanzadeh, S., & Gholamali Lavasani, M. (2023). The applicability of assistive technology in the education and treatment of children with autism: A systematic review. Pajouhan Scientific Journal, 21(4), 295-304. [link]

Sleiman, E., Mutlu, O. C., Surabhi, S., Husic, A., & Kline, A. (2022). Deep learning-based autism spectrum disorder detection using emotion features from video recordings: model development and validation. *JMIR*, 7(2), e39982. [link]

Tariq, Q., Fleming, S. L., Schwartz, J. N., Dunlap, K., Corbin, C., Washington, P., ... & Wall, D. P. (2019). Detecting developmental delay and autism through machine learning models using home videos of Bangladeshi children: development and validation study. *Journal of medical Internet research*, 21(4), e13822. [link]

Uddin, M. Z., Shahriar, M. A., Mahamood, M. N., Alnajjar, F., Pramanik, M. I., & Ahad, M. A. R. (2024). Deep learning with image-based autism spectrum disorder analysis: A systematic review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 127, 107185. [link]

Wang, L., Meng, H., Meng, Z., Wang, Y., & Wong, P. C. (2025). A systematic review and meta-analysis of autism screening and diagnosis in children using video-assisted telehealth technology. *Digital Health, 11*, 20552076251386705. [link]

Washington, P., Leblanc, E., Dunlap, K., Penev, Y., Kline, A., Paskov, K., ... & Wall, D. P. (2020). Precision telemedicine through crowdsourced machine learning: testing variability of crowd workers for video-based autism feature recognition. *Journal of personalized medicine*, 10(3), 86. [link]

Washington, P., Tariq, Q., Leblanc, E., Chrisman, B., Dunlap, K., Kline, A., ... & Wall, D. P. (2021). Crowdsourced privacy-preserved feature tagging of short home videos for machine learning ASD detection. *Scientific reports*, 11(1), 7620. [link]

Wu, C., Liaqat, S., Helvaci, H., Chcung, S. C. S., Chuah, C. N., Ozonoff, S., & Young, G. (2021, March). Machine learning based autism spectrum disorder detection from videos. In 2020 IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (HEALTHCOM) (pp. 1-6). IEEE. [link]

Yang, Z., Zhang, Y., Ning, J., Wang, X., & Wu, Z. (2025). Early Diagnosis of Autism: A Review of Video-Based Motion Analysis and Deep Learning Techniques. IEEE Access. [link]

Zunino, A., Morerio, P., Cavallo, A., Ansuini, C., Podda, J., Battaglia, F., ... & Murino, V. (2018, August). Video gesture analysis for autism spectrum disorder detection. In 2018 24th international conference on pattern recognition (ICPR) (pp. 3421-3426). IEEE. [link]