کاربرد فناوری ردیابی چشم برای غربالگری و توان‌بخشی کودکان با نیازهای ویژه

▫ **محمدرضا متقی نیا***، دکتری روان‌شناسی تربیتی، کارشناس تشخیص و درمان، مرکز مشکلات ویژه‌ی یادگیری، گناباد، ایران

نوع مقاله: مروری ● **صفحات** ۵۹ - ۷۴

چکیده

ردیابی چشم، فناوری اندازه‌گیری حرکات چشم، هنگام نگاه کردن به نقطه موردنظر است. در فرآیند ردیابی چشم، مدت زمان نگاه به یک موقعیت خاص، توالی مشاهدات و نیز نقاط مورد توجه، پردازش می‌شوند و حرکات چشم با عناوینی مانند؛ تثبیت، پرش و ... مشخص می‌گردند. اطلاعات مربوط به چگونگی حرکات چشم در یک لحظه‌ی خاص، کاربردهای بالقوه‌ی بسیاری در زمینه‌ی آموزش و پرورش کودکان با نیازهای ویژه دارد. پژوهش حاضر با مرور مقالات مربوط به حوزه‌ی ردیابی چشم، به این کاربردها پرداخته است. نتایج، گویای آن است که از فناوری ردیابی چشم می‌توان برای غربالگری به‌هنگام نارساخوانی و اختلال طیف اُتیسم و نیز تشخیص دقیق اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی استفاده کرد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که شناخت توانمندی‌های دیداری کودکان با نیازهای ویژه‌ی ذهنی، بهبود گفتارخوانی کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی، تقویت توانایی‌های ارتباطی کودکان چند معلولیتی و بهبود بازداری شناختی کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی به کمک این فناوری امکان‌پذیر است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌دهنده‌ی آن است که فناوری ردیابی چشم، نه تنها برای تشخیص به‌هنگام بعضی از اختلالات شناختی مناسب است بلکه از این فناوری می‌توان برای توان‌بخشی دانش‌آموزان آسیب دیده نیز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تشخیص، توان‌بخشی، حرکات چشم، ردیابی چشم، کودک با نیازهای ویژه

* Email: mr.mottaghinia@yahoo.com

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

مقدمه

هر انسانی از همان لحظه‌ی تولد با چالش شناخت جهان روبه‌رو است و مجبور است تمام حواس خود را برای این منظور فعال کند. در یک سالگی، پیشرفت زیادی در مهارت‌های نوزادان اتفاق می‌افتد. یکی از اثربخش‌ترین عوامل این پیشرفت، رشد مناسب سیستم بینایی است. انسجام سیستم بینایی با مغز، سبب تسهیل شناخت اَشکال، رنگ‌ها یا احساسات دیگران می‌شود. با این‌حال، گاهی از ابتدای زندگی، بینایی افراد دچار نقص می‌شود یا بعداً ضعیف یا حتی دچار آسیب می‌گردد. عدم توانایی دیدن صحیح دنیای اطراف، ممکن است منجر به پیامدهای منفی جدی خصوصاً برای کودکان شود زیرا نقص بینایی، روندهای شناختی را کُند می‌کند و بر روابط روانی-اجتماعی آنان نیز تأثیر می‌گذارد (۱). ادراک بینایی افراد معمولاً در سه قسمت شبکیه اتفاق می‌افتد: ناحیه‌ی مرکزی[1] که ناحیه واقع در مرکز شبکیه است؛ ناحیه‌ی فرامرکزی[2] که به ناحیه‌ی مجاورِ ناحیه‌ی مرکزی گفته می‌شود و ناحیه‌ی پیرامونی[3] که شامل منطقه‌ی خارج از ناحیه فرامرکزی است. در ناحیه‌ی مرکزی شبکیه، تیزبینی چشم‌ها از سایر نواحی، بیشتر است. این تیزبینی در ناحیه‌ی مجاور، کاهش می‌یابد و در ناحیه‌ی پیرامونی، بسیار کم می‌شود. افراد برای یافتن اشیاء موردنظر، مرتباً چشم‌های خود را در قسمت مرکزی که بیشترین وضوح دید را دارد، حرکت می‌دهند. بنابراین چشم‌های ما دارای حرکات مختلفی هستند (۲).

حرکات چشم

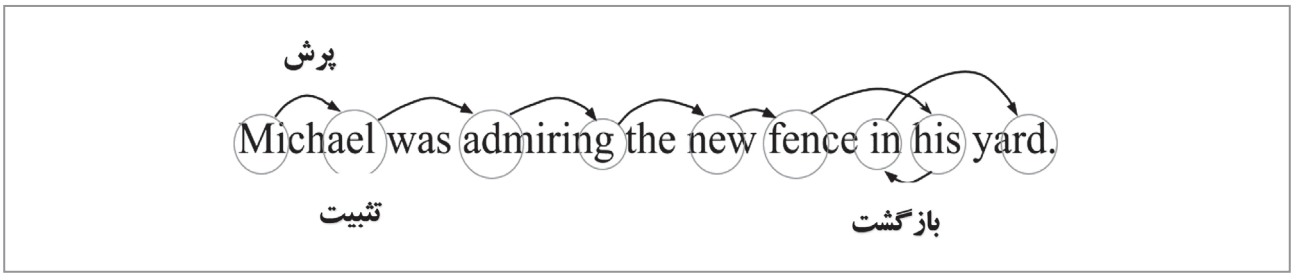
پژوهشگران انواع مختلفی از «حرکات چشم[4]» را شناسایی کرده‌اند که با عناوینی از قبیل «تثبیت[5]»، «مدت زمان تثبیت[6]»، «کل مدت زمان تثبیت[7]»، «پرش[8]»، «دامنه پرش[9]»، «تعقیب یکنواخت[10]»، «بازگشت[11]» و «پردازش مسیر[12]» توصیف می‌شوند. تثبیت، بیانگر سکون چشم و تمرکز بر روی هدف است. این مدت زمان می‌تواند از ده‌ها میلی ثانیه تا چند ثانیه طول بکشد اما هنگام خواندن معمولاً ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی ثانیه طول می‌کشد. زمان سپری شده برای یک تثبیت در طی یک آزمایش را مدت زمان تثبیت می‌نامند. مطابق با پژوهش‌ها، زمانی که فرد، بی‌صدا مشغول خواندن است، میانگین مدت زمان تثبیت، ۲۲۵ میلی ثانیه است. به مدت زمان کلی تثبیت در یک موقعیت خاص، کل مدت زمان تثبیت، گفته می‌شود. در بین هر دو تثبیت، چشم به سرعت حرکت می‌کند. به این حرکت سریع، پرش گفته می‌شود. در واقع پرش به حرکات سریع چشم بین تثبیت‌های ۱۰ میلی ثانیه تا ۱۰۰ میلی ثانیه اشاره دارد. معمولاً پرش حدود ۳۰ تا ۸۰ میلی ثانیه طول می‌کشد. در طول پرش‌ها، چشم اطلاعات بین نقاط ثابت را پردازش می‌کند. به فاصله‌ی زاویه‌ای چشم در طی این حرکت، دامنه‌ی پرش گفته می‌شود. حرکات کُند چشم که باعث می‌شود یک تصویر در قسمت مرکزی شبکیه، ثابت باقی بماند (دید مرکزی) تعقیب یکنواخت نامیده می‌شود. تعقیب یکنواخت، حرکتی کُندتر از پَرش است و طی آن یک هدف با چشم‌ها دنبال می‌شود (۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پرش‌ها و تعقیب‌های یکنواخت، ناحیه‌ی مرکزی بینایی را روی هدف، متمرکز می‌کنند اما تثبیت‌ها بینایی را در حین حرکت سر، ثابت نگه می‌دارند (۴). اگر چشم برای دیدن موارد قبلی برگردد به این حالت، بازگشت گفته می‌شود. مسیر پردازش، نیمرخ تثبیت‌ها و پرش‌های فرد را نشان می‌دهد (۳).

به طور کلی، دو نوع اصلی حرکت چشم، تثبیت و پرش هستند. تصویر ۱، تجسم این حرکات چشم هنگام خواندن را نشان می‌دهد. دایره‌ها نشان دهنده‌ی تثبیت و پیکان‌های بالا، گویای پرش‌ها هستند. بازگشت نیز در پیکان کوچک زیر دایره‌ها نشان داده شده است (۵).

با وجود آنکه تثبیت و پرش‌ها حرکات غالب چشم هستند معهذا در حین آنها حرکات دیگری نیز اتفاق می‌افتند. مثلاً در طی یک تثبیت، چشم کاملاً ساکن نیست و دارای ۳ نوع ریزحرکت[13] است: «نوسان[14]»، «ریزپرش[15]» و «رانش[16]». این حرکات چشم، بیشتر برای درک خصوصیات عصب‌شناسی

1. Foveal
2. Parafoveal
3. Peripheral
4. Eye movements
5. Fixation
6. Fixation duration
7. Total fixation duration
8. Saccade
9. Saccade amplitude
10. Smooth pursuit
11. Regression
12. Scanpath
13. Micro-movement
14. Tremor
15. Microsaccade
16. Drift

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]



تصویر ۱) تجسم تثبیت‌ها و پرش‌ها در حین خواندن

چشم بررسی می‌شوند. در پایان هر پرش نیز چشم معمولاً قبل از توقف، کمی «لغزیده» می‌شود. از این حرکت به‌عنوان «لغزش[1]» یاد می‌شود (۵).

ردیابی چشم

«ردیابی چشم[2]» یک فناوری اندازه‌گیری است که به ما کمک می‌کند تا اطلاعاتی را در رابطه با مدت و توالی نگاه کردن یک فرد به محل موردنظر-مثلاً صفحه‌ی نمایش-به‌دست آوریم. از این اندازه‌گیری‌ها می‌توان برای شناسایی و تجزیه و تحلیل توجه بصری فرد هنگام خواندن مطالب یا جستجو در اینترنت استفاده نمود (۶). ردیابی چشم، اطلاعات مربوط به حرکات چشم را جمع‌آوری می‌کند و روش‌هایی را برای تجزیه و تحلیل الگوهای توجه بصری افراد فراهم می‌نماید (۴). در فناوری ردیابی چشم، حرکات چشم معمولاً به‌شکل تثبیت یا پرش، تجزیه و تحلیل می‌شوند (۶). این فناوری، اهداف بینایی، مدت زمان تمرکز بر روی یک تصویر و موارد مورد نظر یا نادیده گرفته شده را ثبت می‌کند (۲).

بیشتر پژوهش‌های مربوط به فناوری ردیابی چشم، مبتنی بر فرضیه‌ی چشم-ذهن هستند که در سال ۱۹۸۰ توسط جاست و کارپنتر[3] مطرح شده است. فرضیه‌ی چشم - ذهن بیان می‌کند که اگر اطلاعات وارد شده به کانال بصری افراد پردازش شوند بین نگاه و توجه افراد، همبستگی ایجاد می‌شود. طبق این فرضیه تثبیت‌های طولانی‌تر سبب پردازش شناختی طولانی‌تر می‌شوند. مطالعات مختلف نیز نشان داده‌اند که از مدت زمان تثبیت می‌توان به‌عنوان شاخصی از میزان توجه بصری و پیچیدگی فرآیندهای شناختی فرد استفاده نمود (۶, ۷).

روش‌های ردیابی چشم

کاربرد فناوری ردیابی چشم در زمینه‌ی پژوهشی، دارای سابقه‌ای طولانی است. بیش از ۱۰۰ سال از زمان اولین استفاده از فناوری ردیابی چشم در پژوهش‌های مربوط به حوزه‌ی خواندن می‌گذرد. در اواسط قرن بیستم از برآوردهای مربوط به محل نگاه نوزادان برای آگاهی از رشد ادراکی آنان استفاده می‌شد. بااین‌حال، این کار به‌صورت کدگذاری‌های دستی انجام می‌گرفت که ساعت‌ها به‌طول می‌انجامید. در طول سالیان گذشته روش‌های مختلفی برای ردیابی حرکات چشم به‌وجود آمده‌اند. امروزه ردیاب‌های چشم می‌توانند به‌طور خودکار محل نگاه را تا هزار بار در ثانیه و بدون هیچ‌گونه فرآیند دستی گزارش نمایند. حتی می‌توان محل نگاه نوزاد را به‌صورت برخط به‌دست آورد. ردیاب‌های چشم این امکان را برای آزمایشگران فراهم می‌کنند تا بتوانند موقعیت نگاه آزمودنی را به‌صورت عینی و دقیق به‌دست آورند. مهمترین روش‌های ردیابی چشم عبارت‌اند از (۵, ۸):

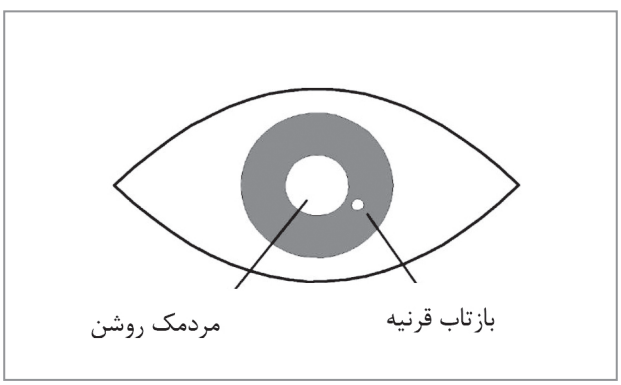
- **روش الکتروأکلوگرافی[4] (EOG):** الکتروأکلوگرافی یک روش قدیمی برای اندازه‌گیری تفاوت در پتانسیل الکتریکی ناشی از چرخش چشم است. این پتانسیل‌های الکتریکی توسط الکترودهای قرار گرفته در اطراف چشم، جذب می‌شوند. اگرچه این روش اندازه‌گیری از تفکیک زمانی درستی برخوردار است اما شناخت موقعیت واقعی چشم را دشوار می‌کند و بنابراین روش مفیدی نیست.
- **روش جستجوی حلقه‌های صلبیه‌ای[5]:** این روش نیازمند لنزهای تماسی بزرگی است که قرنیه و صلبیه را می‌پوشاند. اساس این روش ایجاد یک میدان مغناطیسی و شناسایی تغییرات این سیگنال الکتریکی از طریق یک لنز مخصوص

1. Glissade
2. Eye tracking
3. Just and Carpenter
4. Electro-oculographic
5. Scleral search coils

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

روی چشم کاربر است. کاربر در داخل یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد که توسط سه سیم پیچ به‌صورت افقی، عمودی یا جانبی ایجاد می‌شود و موقعیت نگاه آزمودنی در این سه بُعد مشخص می‌شود. این روش، بسیار دقیق اما بسیار طاقت فرسا است. همچنین در هنگام اجرا، باید یک چشم‌پزشک نیز حضور داشته باشد که این امر کاربرد آن را برای اهداف روان‌شناختی به‌شدت محدود می‌کند.

■ **روش بازتاب-قرنیه**[1]: امروزه بیشتر سیستم‌های ردیابی چشم، نقطه‌ی تمرکز چشم را با استفاده از روش «بازتاب قرنیه و مرکز مردمک» اندازه‌گیری می‌کنند (تصویر ۲). وقتی شخصی به یک محرک نگاه می‌کند متداول‌ترین روش برای تخمین محل موردنظر براساس ردیابی بازتاب قرنیه و مردمک چشم است. هدف این است که ابتدا موقعیت مردمک چشم و بازتاب قرنیه مشخص گردیده و سپس مراکز هندسی آنها محاسبه شود. سپس از این مراکز برای محاسبه‌ی فاصله‌ی نسبی آنها با یکدیگر استفاده می‌شود. از آنجا که مردمک چشم سریع‌تر از بازتاب قرنیه حرکت می‌کند، می‌توان موقعیت نگاه را براساس رابطه‌ی آنها محاسبه کرد. اجزای این نوع ردیاب‌ها معمولاً عبارت‌اند از: یک رایانه با دوربینی مادون قرمز که در زیر یک نمایشگر نصب شده است و نرم‌افزار پردازش تصویر برای تعیین و شناسایی ویژگی‌های چشم. ابتدا نور مادون قرمز از یک دیود ساطع کننده‌ی (LED) جاسازی شده در دوربین مادون قرمز به داخل چشم هدایت می‌شود تا با ایجاد بازتاب‌های قوی در چشم، ردیابی را آسان‌تر نماید (از نور مادون قرمز برای جلوگیری از خیره شدن کاربر به نور مرئی استفاده می‌شود).



تصویر ۲) بازتاب قرنیه و مردمک روشن

ردیاب‌های چشم مبتنی بر ویدئو

امروزه ردیابی چشم با استفاده از ردیاب‌های مبتنی بر ویدئو[2] انجام می‌شود که به آن «اُکلوگرافی ویدئویی[3]» (VOG) نیز می‌گویند. این فناوری به‌صورت خروجی یک سیگنالِ نگاه و با فیلمبرداری از چشم آزمودنی انجام می‌شود (۹, ۱۰). در ردیاب‌های چشم مبتنی بر ویدئو، بُردار تفاوت بین مرکز مردمک و بازتاب قرنیه، جهت و دامنه‌ی حرکت چشم را نشان می‌دهد. از نظر ساختاری، ردیاب‌های چشم مبتنی بر ویدئو را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد (۱, ۱۱):

■ **ردیاب‌های چشم دارای تکیه‌گاه**[4]: این ردیاب‌ها از یک پایه‌ی مناسب برای چانه برخوردار هستند و برای اطمینان از موقعیت پایدار سر و ضبط موقعیت چشم، از یک دوربین پیشرفته واقع در بالای چشم آزمودنی استفاده می‌کنند. این ردیاب‌ها در بین انواع ردیاب‌های چشمی موجود از بالاترین دقت و ظرافت برخوردار هستند.

■ **ردیاب‌های چشم از راه دور**[5]: این ردیاب‌ها بدون تماس با آزمودنی در فواصلی مشخص روبه‌روی وی قرار می‌گیرند. به‌دلیل این فاصله، چنین ردیاب‌هایی از دقت کمتری برخوردار هستند اما برای آزمودنی نیز خیلی دست و پاگیر نمی‌باشند.

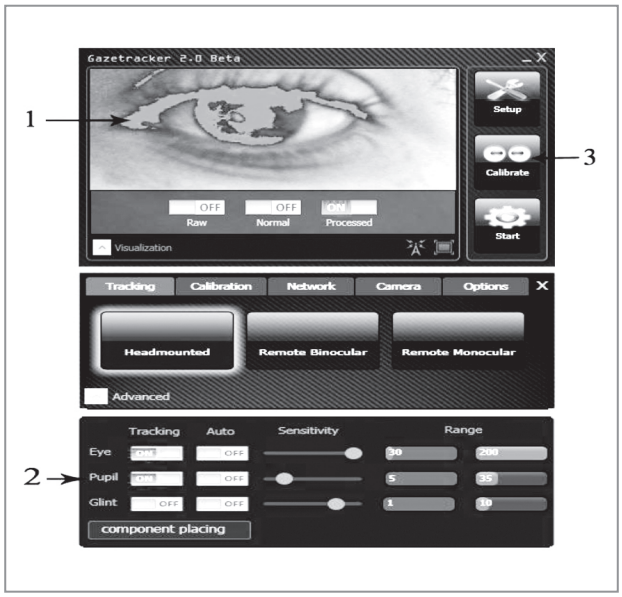
■ **عینک ردیابی چشم:** از این ردیاب‌ها برای جمع‌آوری، ثبت و ضبط داده‌های حرکت چشم در شرایط تحرک آزمودنی استفاده می‌شود. مثلاً در کلاس درس برای مطالعه‌ی حرکات چشم معلمان به‌دلیل جابه‌جایی آنان استفاده از این ردیاب‌ها مفید است. عینک‌های ردیاب چشم معمولاً به دو دوربین-دوربین چشم و صحنه-مجهز هستند و داده‌های به‌دست آمده از هر دو دوربین برای محاسبه‌ی موقعیت نگاه آزمودنی با یکدیگر هماهنگ می‌شوند.

نحوه‌ی کار با یک ردیاب چشم

بیشتر نرم‌افزارهای ردیابی چشم، تجاری هستند بااین‌حال بعضی از نرم‌افزارهای رایگان مانند ITU Gazetracker نیز وجود دارند. تصویر۳، راه‌اندازی این نرم‌افزار را نشان می‌دهد (۸).

1. Corneal-reflection
2. Video-based eye trackers
3. Video oculography eye trackers
4. Tower eye trackers
5. Remote eye trackers

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]



تصویر ۳) راه‌اندازی نرم‌افزار ITU Gazetracker 2.0 Beta

پس از اتصال دوربین، برنامه با شناسایی مردمک راه‌اندازی می‌شود اما می‌توان این کار را به‌صورت دستی نیز انجام داد. سپس باید موتور ردیابی را پیکربندی کنیم. اکثر ردیاب‌های چشم شامل سه نوع ردیابی هستند: ردیابی چشمی، ردیابی مردمک و ردیابی روشن. همچنین می‌توانیم هر سه گزینه را همزمان فعال کنیم. ردیاب‌های چشم مبتنی بر ویدئو باید با یک فرآیند درجه‌بندی، جزئیات حرکات چشم هر فرد را تنظیم کنند. این درجه‌بندی با نمایش یک نقطه بر روی صفحه‌ی نمایش کار می‌کند و اگر چشم برای مدت طولانی‌تر از یک آستانه‌ی مشخص و در یک منطقه‌ی خاص، تثبیت شود سیستم، رابطه‌ی بین مرکز مردمک و بازتاب قرنیه را به‌صورت یک مختصات «x,y» خاص روی صفحه ثبت می‌کند. این کار با یک الگوی شبکه‌ای ۹ تا ۱۳ نقطه‌ای تکرار می‌شود تا درجه‌بندی دقیقی روی کل صفحه به‌دست آید. در نهایت می‌توانیم نرم‌افزار را به‌گونه‌ای پیکربندی کنیم که نشانگر ماوس را به نقطه‌ی تمرکز نگاه، هدایت کنیم یا نشانگر جدیدی را برای ردیابی، نمایش دهیم (۸).

ردیابی چشم و دانش‌آموزان با نیازهای ویژه

در دو دهه‌ی گذشته، فناوری ردیابی چشم، محبوبیت خود را در رشته‌های مختلف مانند روان‌شناسی شناختی، پژوهش‌های خواندن و ... نشان داده است (۱۱). در سال‌های اخیر، از فناوری ردیابی چشم در حوزه‌های مختلفی در آموزش و پرورش مانند مقایسه‌ی سبک مدیریت معلمان مبتدی و با تجربه، بررسی فرآیندهای شناختیِ درک مطالب، استدلال، ارزیابی عملکرد و نحوه‌ی پاسخ دانش‌آموزان به مسائل علمی و بهبود یادگیری آنان، استفاده شده است (۳). در حوزه‌ی آموزش و پرورش دانش‌آموزان با نیازهای ویژه، از فناوری ردیابی چشم برای تشخیص و توان‌بخشی گروه‌های مختلف دانش‌آموزان با نیازهای ویژه استفاده شده است که در ادامه به آن پرداخته شده است.

ردیابی چشم و سندرم رِت

از زمان شیوع ویروس کرونا و بیماری کووید ۱۹، از فناوری ردیابی چشم برای توان‌بخشی و سهولت دسترسی به تعامل مبتنی بر نگاه دانش‌آموزان دارای سندرم رِت[1] استفاده شده است. سندرم رِت، یک اختلال ژنتیکی پیچیده است که در اثر جهش در یک ژن رمزگذار (با نام MECP2) ایجاد می‌شود و باعث ناتوانی‌های جدی در کودک می‌شود. سندرم رِت یک بیماری نادر است به‌طوری‌که از هر ۱۰ هزار دختر، یک نفر دچار آن می‌شود. از آنجایی که مراکز تخصصی و درمانگران محدودی برای آموزش این کودکان وجود دارند در زمان شیوع ویروس کرونا، دسترسی به درمان‌های مورد نیاز، یک چالش بزرگ برای افراد و خانواده‌های آنها است. برای رفع این مشکل، پژوهشگران یک نرم‌افزار به نام SWYG (با نگاه خود، صحبت کنید[2]) ایجاد کرده‌اند که در بستر نرم‌افزار ویدئو کنفرانس (VCS[3]) اجرا می‌شود و نیازی به نصب نرم افزارهای دیگر در رایانه‌ی کودک نیست. این نرم‌افزار در کنار پنجره‌ی ویدئو کنفرانس قرار می‌گیرد و بر اساس محتوای این پنجره، جهت‌گیری چشم کودک را که در پنجره ظاهر می‌شود تحلیل می‌نماید. در نتیجه کاربر با استفاده از آن می‌تواند به‌راحتی و بلافاصله بازخورد را از نگاهِ کودک دریافت کند (۱۲).

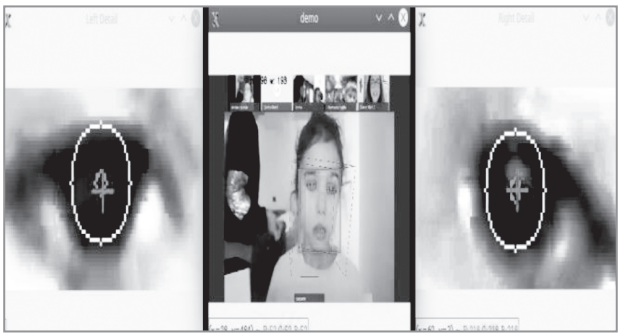
نرم‌افزار SWYG از چهار بخش تشکیل شده است: بخش دریافت ویدئو[4]؛ بخش تشخیص و تحلیل صورت[5]؛ بخش ردیابی چشم-نگاه[6] و بخش تجسم[7]. بخش دریافت ویدئو، محتوای پنجره‌ی ویدئو کنفرانس را دریافت می‌کند (به‌عنوان

1. Rett syndrome
2. Speak With Your Gaze
3. Video conferencing system
4. Video Acquisition Module (VAM)
5. Face Detection and Analysis Module (FDAM)
6. Eye-Gaze Tracking Module (EGTM)
7. Visualization Module (VM)

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

مثال ویدئو و ...). بخش تشخیص و تحلیل صورت، مسیر پخش ویدئو را از بخش قبل، دریافت و پردازش می‌نماید. سپس بزرگترین چهره را در هر قاب تشخیص می‌دهد و جهت‌گیری آن‌را تخمین می‌زند .در این بخش، فقط بزرگترین چهره در نظر گرفته می‌شود زیرا اشخاص دیگر نیز ممکن است در طول جلسه در کنار کودک حضور داشته باشد (۱۲).

بخش ردیابی چشم-نگاه، طوری ساخته شده است که هم در نور طبیعی و هم در مادون قرمز کار می‌کند و به سخت افزار خاصی نیاز ندارد. هنگامی که وضعیت سر (به‌عنوان مثال، موقعیت و جهتِ مکانی) برآورد شد و چشم‌ها تشخیص داده شدند جهت‌گیری نسبی مردمک با استفاده از یک همبستگی، تعیین می‌شود. در تصویر ۴، جهت‌گیری چهره و موقعیت مردمک چشم چپ و راست توسط ردیاب، نشان داده شده است (۱۲).



تصویر ۴) ردیابی چشم و برآورد جهت‌گیری سر توسط SWYG

بخش تجسم، یک نشانگر گرافیکی ساده است که در یک پنجره، باز می‌شود و در نزدیک‌ترین زمان ممکن، اطلاعات مربوط به جهت‌گیری نگاه آزمودنی را به‌شکل ویدئویی نمایش می‌دهد. این ویدئو جهت‌گیری نگاه کودک را به کاربر نشان می‌دهد (۱۲).

ردیابی چشم و نارساخوانی

نارساخوانی، نوعی اختلال یادگیری عصبی است که فرد با وجود هوش طبیعی، در خواندن و هجی کردن با مشکل مواجه است. اِشکال در تشخیص دقیق و روان کلمات، ضعف در املا، اِشکال در توانایی رمزگشایی اصوات و مشکلات درک مطلب، از نشانه‌های نارساخوانی است (۵). سال‌ها است که اهمیت غربالگری و مداخله‌ی به‌هنگام برای کودکان نارساخوان مشخص شده است. مطالعات نشان داده‌اند که هر چه نارساخوانی زودتر تشخیص داده شود می‌توان اثرات منفی آن‌را بیشتر کاهش داد (۱۳). تشخیص به‌هنگام و آموزش متناسب با نیازهای خواندن این کودکان می‌تواند اعتماد به نفس، خودپنداره و عزت نفس آنان را بهتر کند و سبب شود که این کودکان، حداقل مهارت خواندن در سطح معیار را به‌دست آورند. بنابراین، ایجاد یک روش سریع، قابل اعتماد و ساده برای غربالگری نارساخوانی بسیار مفید است. با استفاده از فناوری ردیابی چشم، می‌توان حرکات چشم را در حین انجام فعالیت‌های خواندن ثبت کرد و تشخیص زودهنگام، کارآمد و سریع نارساخوانی را محقق نمود. لازم به ذکر است که با رویکرد تشخیصی معمول در کشورها، شناسایی دانش‌آموزان نارساخوان در سنی انجام می‌شود که زمان طلایی برای مداخله‌ی به‌هنگام، تا حدود زیادی از دست رفته است و یادگیری خواندن برای آنان نه تنها به‌سختی انجام می‌شود بلکه نارساخوانی معمولاً عملکرد درسی آنان را نیز مختل می‌کند و باعث ایجاد مشکلات عاطفی، عدم انگیزه و افسردگی در آنها می‌شود. از طرف دیگر، مراکز تشخیص مشکلات یادگیری در شهرها اندک هستند و بسیاری از اوقات، برای والدین سخت است که کودک را برای ارزیابی‌های تشخیصی به این مراکز ببرند. علاوه بر این، ارزیابی‌های تشخیصی نارساخوانی یک یا دو روزه نیستند. تشخیص در این روش، حداقل دو ماه طول می‌کشد. روش‌هایی غیررسمی نیز برای تشخیص ناتوانی یادگیری وجود دارد که در آن، دانش‌آموز فرم‌هایی را پُر می‌کند یا به برخی از پرسشنامه‌ها پاسخ می‌دهد. مشکل این روش‌ها این است که کودك ممکن است خودش از وجود چنین مشکلی آگاه نباشد یا از پذیرفتن واقعیت اکراه داشته باشد یا حتی خجالتی باشد. بنابراین به سیستمی نیاز داریم که نیازی به پُر کردن فرم یا پاسخ دادن به پرسشنامه توسط کودک نباشد. با روش ردیابی چشم می‌توان بدون محدودیت‌های یاد شده و تنها از طریق نگاه چشمی، نارساخوانی آنان را تشخیص داد. ارتباط بین حرکات چشم و نارساخوانی یک امر کاملاً تأیید شده است. تقریباً در تمام پژوهش‌های ردیابی چشم با آزمودنی‌های با اختلال نارساخوانی مشخص شده است که حرکات چشم، منعکس کننده‌ی وجود مشکل در خواندن و درک مطلب است. این افراد حرکات چشم متفاوتی نسبت به افراد طبیعی دارند. نارساخوان‌ها تثبیت‌های بیشتر و طولانی‌تر، طول و مدت زمان پرش‌های کوتاه‌تر و حرکات پس‌رونده‌ی بیشتری را نشان می‌دهند. علاوه‌براین، مشخص شده است که حرکات چشم نارساخوان‌ها بی‌نظم، تکراری، طولانی‌تر و به‌طور کلی نامنظم هستند (۵، ۱۴). در پژوهش‌های

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

دیگر مشخص شده است که تعداد کل تثبیت‌ها و حرکات پس‌رونده از نظر آماری با توانایی خواندن دانش‌آموزان ارتباط معنا داری دارد (۱۵).

نارساخوان‌ها در خواندن، وسواس بیشتر و طولانی‌تر، پرش‌های کوتاه‌تر و به‌طور کلی رشد چشمی ناپیوسته‌ای را نشان می‌دهند. این ویژگی‌ها برای جدا کردن افراد طبیعی از نارساخوان مهم هستند. ردیابی چشم، ابزاری ارزشمند برای جدا کردن نارساخوان‌ها از افراد غیر نارساخوان است. در این زمینه، پژوهشگران از رویکردی به نام «یادگیری ماشینی[1]» استفاده کرده‌اند که در آن اقدم به شناسایی مدل‌ها و پیش‌بینی براساس آنها می‌شود. در رویکرد یادگیری ماشینی، مشاهدات مربوط به حرکات تثبیتی و پرشی چشم برای پیش‌بینی نارساخوانی به‌کار می‌رود. هدف یادگیری ماشینی، ساخت یك مدل مختصر از توزیع طبقات موردنظر بر حسب خصایص پیش‌بینی کننده است. پس از ایجاد مدل، می‌توان از آن برای پیش‌بینی سریع و کارآمد مقادیر طبقات استفاده نمود. مطابق با رویکرد یادگیری ماشینی، از دانش تفاوت حرکات چشم یک فرد طبیعی و یک شخص نارساخوان می‌توان به‌عنوان خصائص پیش‌بینی کننده برای جدا کردن دو طبقه (عادی و نارساخوان) استفاده نمود. استفاده از یادگیری ماشینی در تشخیص نارساخوانی از طریق حرکات چشم، رویکرد نسبتاً جدیدی است. پژوهشگران نتایج امیدوار کننده‌ای برای این روش به‌دست آورده‌اند. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پیش‌بینی توانایی خواندن افراد از طریق حرکات چشم با استفاده از روش ردیابی چشم و رویکرد یادگیری ماشینی، کارآمد و قابل اعتماد است و با دقت کافی افراد نارساخوان را از افراد طبیعی جدا می‌نماید. پژوهش‌های مختلف، مدل‌های آماری گوناگونی برای پیش‌بینی خواندن افراد نارساخوان و عادی با استفاده از ردیابی چشم ارائه داده‌اند (۱۴). در پژوهش‌های مختلف دقت این مدل‌ها در تشخیص نارساخوانی از ۸۱/۱۸ تا۸۳ درصد به‌دست آمده است. در پژوهشی، پژوهشگران مدلی مبتنی بر طبقه‌بندی توسط ماشین بُردارِ پشتیبان[2] (یکی از روش‌های یادگیری ماشینی جهت طبقه‌بندی و پیش‌بینی مقوله‌ها) ایجاد کردند که قادر است نارساخوان‌ها را از افراد عادی با دقت ۸۹/۸ درصد جدا کند (۵). مدل پیش‌بینی نارساخوانی براساس ویژگی‌های حرکات چشم و با استفاده از طبقه‌بندی ماشین بُردار پشتیبان در پژوهشی دیگر توانسته است افراد نارساخوان را با دقت ۸۰/۱۸ درصد شناسایی نماید (۱۶). در پژوهشی دیگر، پژوهشگران ابزاری به نام «DyslexML» را برای غربالگری نارساخوانی ایجاد کرده‌اند که با تجزیه و تحلیل الگوهای متمایز حرکت چشم آزمودنی‌ها در حین خواندن، افراد مستعد نارساخوانی را شناسایی می‌کند. این ابزار فقط با استفاده از چند ویژگی یعنی میانگین و میانه‌ی طول پرش، تعداد حرکات پیش رونده‌ی کوتاه و تعداد کلمات تثبیت شده‌ی افزوده شده، دانش‌آموزان نارساخوان را با دقت ۹۷ درصد غربالگری می‌کند و در حضور صداهای مزاحم محیطی نیز مقاوم است (۱۷). در زمینه‌ی زبان عربی پژوهشگران با استفاده از روش ردیابی چشم و رویکرد یادگیری ماشینی، ابزاری به نام «Dyslexia Explorer» را برای بررسی توجه بصری و نارساخوانی رسم الخط عربی طراحی کرده‌اند. این ابزار، مختصات نگاه چشم را تجزیه و تحلیل می‌کند و برای تفکیک نارساخوان‌ها از افراد عادی از نمودارهای تعاملی و آستانه‌های مختلف استفاده می‌نماید (۱۸). به‌طور کلی این مطالعات نشان می‌دهند که علاقه به یافتن روش‌های جدید برای استفاده از یادگیری ماشینی در پیش‌بینی نارساخوانی از طریق حرکات چشم، بسیار ضروری و مفید است (۵) و با تجزیه و تحلیل حرکات مختلف چشم می‌توان نشانه‌های اولیه‌ی نارساخوانی را تشخیص داد (۱۵).

ردیابی چشم و اختلال طیف اُتیسم

اختلال طیف اُتیسم[3] (ASD) یکی از اختلالات زود هنگام رشد است که علائم رفتاری مرتبط با آن در ماه‌های اول زندگی ظاهر می‌شود. کاهش تعامل اجتماعی و توجه مشترک، توجه بصری غیرمعمول، رفتارهای اجتماعی غیر طبیعی مانند نقص در توجه به صحنه‌های اجتماعی، کاهش دفعات نگاه به چهره و کاهش بیان احساسات فردی از جمله مهمترین خصوصیات این اختلال می‌باشد. علی‌رغم افزایش سالیانه تعداد کودکان با اختلال طیف اُتیسم، معهذا هنوز رویکرد جامعی برای تشخیص به‌هنگام این اختلال وجود ندارد. مشاهده و تحلیل رفتارهای طبیعی کودکان در تشخیص زودهنگام اختلال طیف اُتیسم نقش اساسی دارد. اگرچه ابزارهای مشاهده‌ای استاندارد برای تشخیص زودهنگام این اختلال در دسترس است اما وجود

1. Machine learning
2. Support vector machines (SVMs)
3. Autism spectrum disorder

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

محدودیت‌هایی مانع از کاربرد این غربالگری اولیه می‌شود. اولاً-کدگذاری تفسیری مشاهدات کودک، مصاحبه با والدین و آزمون‌های رایج، پرهزینه و وقت‌گیر هستند. ثانیاً-قابلیت اطمینان و اعتبار نتایج به‌دست آمده از مشاهدات می‌توانند ذهنی و دارای سوگیری باشند. ثالثاً-رتبه‌بندی رفتار کودکان بعضی از واقعیت‌های محیط آنان را نادیده می‌گیرد. کمبود اعتبار، عدم وجود متخصصان واجد شرایط و اعتماد پایین به روش‌های توان‌بخشی نیز از دیگر چالش‌های مهم در زمینه‌ی تشخیص به‌هنگام اختلال طیف اُتیسم هستند (۱۹, ۲۰). فناوری ردیابی چشم می‌تواند بر محدودیت‌های یاد شده غلبه نماید. این فناوری، تصویر دقیقی از الگوهای دیداری این افراد را فراهم می‌نماید که به شناخت دقیق اختلال آنها کمک می‌کند. کاربرد فناوری ردیابی چشم در افراد با اختلال طیف اُتیسم نشان داده است که حرکات چشم آنان با افراد عادی، متفاوت است. همچنین کاربرد این فناوری، گویای آن است که نحوه‌ی جست و جوی بصری آنان با اشخاص عادی، تفاوت دارد. برای مثال، بررسی نحوه‌ی جستجوی اطلاعات در صفحات وب در افراد با اختلال طیف اُتیسم نشان می‌دهد که آنان تمایل دارند عناصر بیشتری را در صفحات وب، جستجو نمایند و در این صفحات، به‌طور کوتاه اما مکرر بر روی عناصر نامربوط به یک فعالیت مورد جستجو، خیره می‌شوند (۲۱).

فناوری ردیابی چشم می‌تواند تشخیص به‌هنگام اختلال طیف اُتیسم را محقق نماید. پژوهشگران با استفاده از فناوری ردیابی چشم توانسته‌اند تشخیص اختلال طیف اُتیسم را به‌طور برخط بررسی نمایند و الگوریتمی را ایجاد نمایند تا بتواند با توجه به اطلاعات حاصل از فعالیت کودک، احتمال این اختلال را پیش‌بینی نمایند. همچنین این فناوری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار غربالگری مکمل برای نظارت بر رشد اولیه‌ی کودک در خانه استفاده شود. گسترش تشخیص اختلال طیف اُتیسم مبتنی بر فناوری ردیابی چشم، پتانسیل کاربردی زیادی دارد و می‌تواند حتی در تمرینات روزانه برای مربیان این کودکان و والدین آنها نیز پیاده شود (۲۰). پژوهش‌های مربوط به تشخیص زودهنگام اختلال طیف اُتیسم بر مبنای ردیابی حرکت چشم از سال ۲۰۱۵ شروع شد. در آن سال یک گروه پژوهشی، روش تشخیصی زودهنگام جدیدی را معرفی نمودند که توانسته بود چندین سال قبل از بروز اختلالات کلامی، از حرکات چشم برای ارزیابی خطر ابتلا به اختلال طیف اُتیسم استفاده نماید .روش‌های تشخیصی این گروه با استفاده از فناوری ردیابی چشم توانست به پزشکان در شناسایی زود هنگام اختلال طیف اُتیسم کمک کند. پژوهشگران این گروه دریافتند که نوزادان ۲ تا ۶ ماهه که بعداً اُتیسم تشخیص داده شدند در ابتدای تولد، چشم‌های خود را به‌گونه‌ای حرکت می‌دادند که از نوزادان عادی قابل تشخیص نبود. بااین‌حال، به‌تدریج حرکات چشم آنها در طول این دوره‌ی رشد (۲ تا ۶ ماهگی) کاهش یافته بود. این کاهش در یک پنجره‌ی زمانی رشدی کوچک رخ داده بود. این گروه پژوهشی اخیراً مقاله‌ای در مورد نگاه اجتماعی نوزادان منتشر کرده و گزارش کرده است که ویژگی‌های حرکتی چشم، دارای یک مؤلفه‌ی ژنتیکی است. این یافته با وراثت پذیری زیاد اختلال طیف اُتیسم سازگار است (۹).

استفاده از فناوری ردیابی چشمی در غربالگری به‌هنگام اختلال طیف اُتیسم، یک روش ایمن برای بررسی رشد کودک مشکوک به این اختلال است. به‌عنوان مثال، در پژوهشی پژوهشگران با استفاده از ردیابی چشم، خیرگی نگاه نوزادان عادی و نوزادان با اختلال طیف اُتیسم در هنگام مکالمه‌ی یک شخص غریبه با آنان را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که نوزادان عادی بیش از آنکه به اجزای اطراف صورت فرد غریبه نگاه کنند به داخل صورت وی خیره می‌شوند و در زمان خیره شدن، توجهشان به دهان و چشمان فرد، جلب می‌شود (تصویر ۵). این واقعیت نشان می‌دهد که نوزادان عادی می‌توانند با نگاه به علائم

تصویر ۵) خیرگی نگاه کودک عادی به صورت یک فرد غریبه

اجتماعی چهره، به‌راحتی احساسات فرد مقابلشان را درک کنند. در مقابل، کودکان با اختلال طیف اُتیسم علائم چهره‌ی فرد غریبه را درک نمی‌کنند که منجر به مشکل در بازشناسی احساسات می‌شود. وقتی فردی غریبه با یک کودک با اختلال طیف اُتیسم صحبت می‌کند او از نگاه مستقیم به‌صورت شخص، پرهیز می‌کند و بیشتر وقت خود را صرف مشاهده‌ی

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

اجزای اطراف صورت فرد می‌کند (تصویر ۶). کودکان با اختلال طیف اُتیسم به مهمترین منبع اطلاعات اجتماعی و عاطفی فرد مقابل یعنی چشم و دهان او توجه نمی‌کنند. این امر منجر به درک نادرستی از زمینه‌های عاطفی- اجتماعی موقعیت‌ها و در نتیجه تعاملات با افراد دیگر می‌شود. شناخت وضعیت نگاه نوزادان و اندازه‌گیری انحراف در الگوی نگاه آنان می‌تواند منبع خوبی برای تشخیص بالینی زودهنگام اختلال طیف اُتیسم باشد (۲۰).

تصویر ۶) خیرگی نگاه کودک با اختلال طیف اُتیسم به صورت یک فرد غریبه

ردیابی چشم و نیازهای ویژه‌ی ذهنی

دانش‌آموزان با نیازهای ویژه‌ی ذهنی معمولاً در توانمندی‌های دیداری از قبیل توجه انتخابی، جست و جو و پیگردی دیداری با نارسایی‌هایی روبه‌رو هستند (۲۲). یکی از فناوری‌هایی که درک دقیقی از توانمندی‌های دیداری دانش‌آموزان با نیازهای ویژه‌ی ذهنی به‌وجود می‌آورد، فناوری ردیابی چشمی است. برای مثال، پژوهشگران در پژوهشی با استفاده از فناوری ردیابی چشم اقدام به شناسایی و مقایسه‌ی ویژگی‌های شناخت و درک محرک‌های کلامی و غیرکلامی (در قالب متن و ترسیم) در دانش‌آموزان با نیازهای ویژه‌ی ذهنی خفیف نمودند. نتایج نشان داد که درک دانش‌آموزان با نیازهای ویژه‌ی خفیف ذهنی از متون و تصاویر، با توجه به درجه‌ی پیچیدگی بصری متون و تصاویر، متفاوت است. همچنین در تجزیه و تحلیل اطلاعات بصری، این دانش‌آموزان ترجیح می‌دادند که بر جنبه‌ی احساسی متن و عکس تمرکز کنند. علاوه بر این، دانش‌آموزان با نیازهای ویژه‌ی خفیف ذهنی در درک تصاویر، به مولفه‌ی عاطفی تصاویر، توجه داشتند در حالی که دانش‌آموزان همتای عادی آنان، بر شناسایی شخصیت‌های کلیدی داستان یعنی جنبه‌های مهم و تحلیل وقایع، متمرکز بودند. دانش‌آموزان با نیازهای ویژه‌ی خفیف ذهنی هنگام مشاهده‌ی محرک‌های با درجه‌ی بالای پیچیدگی بصری، سطح کمتری از رشد شناختی و فعالیت ارادی را از خود نشان دادند (۲۳).

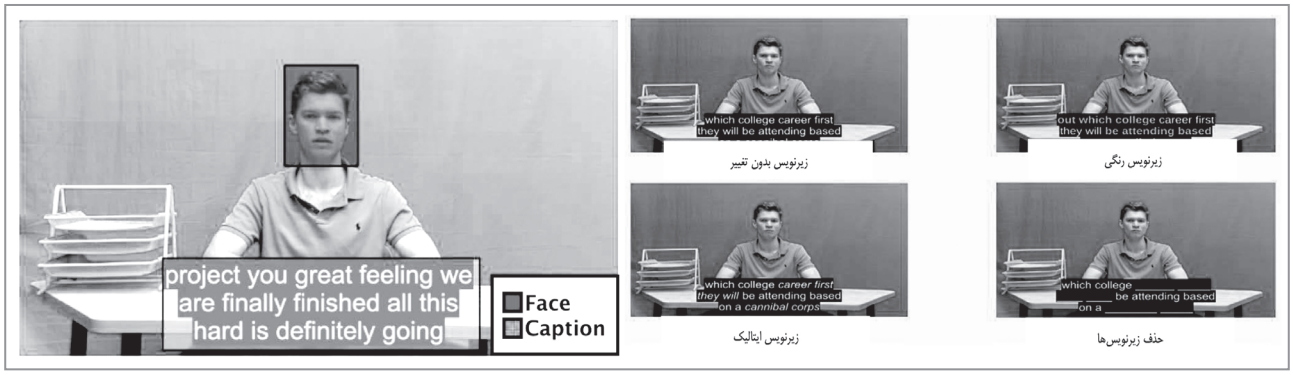
ردیابی چشم و آسیب شنوایی

برای کودکانی که ناشنوا متولد می‌شوند، گفتارخوانی منبع مهمی برای دسترسی به زبان گفتاری است. شناخت عوامل بهبود مهارت گفتارخوانی در کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی نه تنها ممکن است سبب بهتر شدن مهارت‌های ارتباطی این کودکان شود بلکه مطابق با پژوهش‌ها به بهبود مهارت خواندن آنان نیز کمک می‌کند. ردیابی چشم، بینش منحصر به‌فردی از مکانیسم‌های گفتارخوانی کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی و افراد عادی ارائه می‌دهد. کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی باید بیش از کودکان عادی برای اطمینان از دسترسی به زبان گفتاری به کانال بصری خود اتکا کنند معهذا استفاده از فناوری ردیابی چشم نشان داده است در همه‌ی کودکان، خواه آسیب دیده‌ی شنوایی و خواه غیر آسیب دیده، تمرکز به دهان فرد صحبت کننده با تعداد کلمات قابل شناسایی توسط کودکان ارتباط دارد و قدرت این رابطه، بین کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی و عادی یکسان است. همچنین در همه‌ی کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی و عادی، نسبت زمانِ صرف شده در هنگام نگاه به دهان فردِ صحبت کننده با صحت گفتارخوانی رابطه‌ی مثبت دارد. بعلاوه، میزان نگاه کودکان به دهان و چشم فرد صحبت کننده، عملکرد قرائت گفتاری آنها را به‌طور مثبت پیش‌بینی می‌کند و این رابطه در بین کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی نسبت به کودکان عادی قوی‌تر است. پژوهشگران با استفاده از ردیابی چشم نشان داده‌اند که همه‌ی کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی و عادی در هنگام تماشای یک سخنرانی، وقتی که سخنران هنوز شروع به صحبت نکرده است به چشم‌های او نگاه می‌کنند اما هنگام صحبت کردن سخنران، به دهان او خیره می‌شوند. این الگوی نگاه با عملکرد گفتارخوانی کودکان ارتباط دارد و در مورد کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی نسبت به کودکان عادی، این الگو قوی‌تر است. الگوی پردازش مسیر با استفاده از ردیابی چشم نشان داده است که کودکان قبل از شروع سخنرانی، با خیره شدن به چشم سخنران، نگاهشان را آغاز می‌کنند در حین سخنرانی، نگاه خود را به دهان سخنران منتقل می‌کنند و پس از اتمام سخنرانی، نگاه آنان به چشم سخنران

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

باز می‌گردد. استفاده از فناوری ردیابی چشم نشان می‌دهد آن‌دسته از کودکانی که هنگام صحبت کردن یک فرد، توجه خود را به‌طور متناوب بین چشم و دهان فرد صحبت کننده، معطوف می‌کنند در مقایسه با افرادی که فقط به دهان یا چشم فرد صحبت کننده خیره می‌شوند به اطلاعات بیشتری از زبان گفتاری دسترسی پیدا می‌کنند (۲۴).

یکی دیگر از موارد استفاده از فناوری ردیابی چشم، آگاهی دقیق از وضعیت نگاه افراد ناشنوا و کم‌شنوا هنگام نگاه کردن به یک صفحه‌ی حاوی تصویر و زیرنویس است. پژوهشگران به کمک فناوری ردیابی چشم دریافته‌اند که آزمودنی‌های ناشنوا قبل از نگاه به مرکز یک تصویر ویدئویی، اول به زیرنویس، خیره می‌شوند و همه‌ی متن را می‌خوانند اما افراد کم‌شنوا برای تسهیل گفتارخوانی یا استفاده از باقی‌مانده‌ی شنوایی خود، نگاهشان را بین زیرنویس و تصویر ویدئویی، جلو و عقب می‌کنند. همچنین تغییر سبک زیرنویس یک تصویر ویدئویی (برای مثال، ایتالیک یا پررنگ بودن) منجر به تفاوت در حرکات چشم ناشنوایان و در نتیجه تفاوت تمرکز بر روی صورت افراد حاضر در ویدئو و میزان گفتارخوانی می‌شود (تصویر ۷). بنابراین، این فناوری به ما کمک می‌کند تا در برنامه‌های خبری سیما، برای به حداکثر رساندن زمان گفتارخوانی ناشنوایان، از زیرنویس‌های مناسب استفاده نماییم (۲۵).



تصویر ۷) ردیابی چشم یک فرد ناشنوا هنگام نگاه کردن به تصویر ویدئویی دارای زیرنویس

ردیابی چشم و اختلال نارسایی توجه همراه با بیش‌فعالی

اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی[1] (ADHD) یکی از اختلالات متداول در کودکان است که تا بزرگسالی نیز ادامه می‌یابد و بر آینده‌ی آموزشی، شغلی و اقتصادی آنان تأثیر می‌گذارد. میزان شیوع این اختلال در جمعیت عمومی از ۳ تا ۷ درصدگزارش شده است. نارسایی در توجه به جزئیات مهم، دشواری در شروع و تکمیل وظایف و اِشکال در رفتار انطباقی از خصوصیات رفتاری افراد دارای این اختلال است (۲۶, ۲۷). رفتار حرکتی چشم، نتیجه‌ی فرآیندهای پیچیده‌ی شناختی و گویای اطلاعات عینی و کمی در مورد کیفیت، پیش‌بینی و ثبات این فرآیندهای پنهان است. به باور پژوهشگران، تحلیل حرکات چشم سرنخ‌های مهمی از عملکردهای فیزیولوژیکی کنترل توجه در حین انجام یک وظیفه را فراهم می‌کند و سبب تشخیص اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی می‌شود. از آنجایی که در اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی، هم‌پوشانی قابل توجهی بین سیستم‌های مغزی مؤثر در کنترل عصب گرداننده‌ی چشم[2] و نقص در عملکرد شناختی وجود دارد لذا اندازه‌گیری دقیق حرکات چشم در حین انجام وظایف شناختی، سبب شناخت سیستم‌های مغزی زیربنایی مؤثر بر این اختلال می‌شود. رابط‌های عصبی کنترل حرکتی، کاملاً ساختار یافته‌اند و با ساختارهای مغزی قشر و زیر قشری ایجاد کننده‌ی نقص شناختی در اختلال نارسایی توجه همراه با بیش‌فعالی (از جمله ساختارهای قشری که واسطه‌ی برنامه‌ریزی حرکات پرشی چشم هستند و همچنین تعدادی از نواحی پیشانی-جداری[3]) هم‌پوشانی دارند. با توجه به ساختارهای زیر قشر، مهار حرکات پرشی چشم از طریق مخچه

1. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder
2. Oculomotor
3. Frontal-parietal areas

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

کنترل می‌شود. مطالعات نیز نشان داده‌اند که افراد با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی نسبت به گروه کنترل، دارای نقص در مهار حرکات پرشی چشم هستند. افراد با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی در مقایسه با افراد بهنجار، در انجام وظایفی که به رفتارهای تمرکزی نیاز دارند در بازداری پاسخ‌های چشمی مشکلاتی را نشان می‌دهند (۲۶). همچنین کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی هم در تثبیت چشمی، مشکلات بیشتری دارند و هم پرش‌های چشمی بزرگتری نسبت به افراد فاقد این اختلال دارند. به باور پژوهشگران، از خطاهای تثبیت می‌توان برای تمایز بین کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی و کودکان فاقد این اختلال استفاده نمود (۲۸). پژوهشگران در پژوهشی نشان دادند که با استفاده از رویکرد یادگیری ماشینی نیز می‌توان با استفاده از حرکات تثبیت، پرش و ترکیبی از تثبیت و پرش، با دقت بیش از ۷۸ درصد، اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی را پیش‌بینی نمود. به باور این پژوهشگران، حرکات پرش به تنهایی با دقت ۹۱ درصد بهترین پیش‌بین برای اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی به‌شمار می‌روند. مطابق با پژوهش‌ها، حرکات پرشی چشم می‌تواند به‌طور قابل اتکایی برای تشخیص بزرگسالان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی استفاده شود. بر این اساس، پژوهشگران روشی را ابداع نموده‌اند که در یک شرایط غیر فعال با نمونه‌گیری از حرکات چشم آزمودنی‌ها اقدام به تشخیص اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی می‌نماید. این روش شامل یک دستگاه نمونه‌گیری است که دارای اشعه‌ی مادون قرمز برای درخشش چشم آزمودنی و تشخیص بازتاب از چشم است. داده‌های جمع‌آوری شده‌ی مربوط به حرکت چشم با استفاده از دستگاه، مقدار پارامتر از پیش انتخاب شده را نشان می‌دهد و از طریق مقایسه با یک مقدار آستانه‌ی خاص، تشخیص می‌دهد که آیا آزمودنی با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی است یا خیر. مهمترین ویژگی حرکت چشم که در این روش برای تشخیص اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی به‌کار می‌رود، سرعت زاویه‌ای[1] کره‌ی چشم است. برای اندازه‌گیری سرعت زاویه‌ای چشم، از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود تا به یک صفحه‌ی خالی، خیره شوند. اگر داده‌های حاصل از اندازه‌گیری سرعت زاویه‌ای چشم، زیرِ آستانه‌ی مورد نظر باشد نشان‌دهنده‌ی اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی و داده‌های بالاتر از مقدار آستانه، گویای شرایط سالم و بهنجار است (۲۶).

یکی دیگر از کاربردهای فناوری ردیابی چشم برای کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی، کنترل بازداری شناختی در برابر تداخل محرکات مزاحم و امتناع از پاسخ‌های بی‌ربط است. کنترل بازداری ضعیف، یکی از نقایص شناختی رایج در کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی است. کودکانی که دارای مشکلات بازداری پاسخ هستند رفتار مشکل آفرین و فعالیت بیش از حد دارند سطح اضطراب آنان بالاست و در مدرسه به موفقیت ناچیزی می‌رسند. بنابراین بهبود بازداری کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی ضروری است. پژوهشگران نشان داده‌اند که می‌توان از طریق رایانه اقدام به آموزش ردیابی چشم به کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی نمود و کنترل بازداری آنان را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشید. این یافته اهمیت مؤلفه‌ی ردیابی چشم در آموزش شناختی را برجسته می‌کند. به باور پژوهشگران، آموزش رایانه‌ای ردیابی چشم می‌تواند به‌عنوان یک مداخله‌ی بالقوه برای بهبود عملکرد لوب پیشانی در کودکان با نارسایی توجه استفاده شود (۲۷).

ردیابی چشم و معلولیت‌های چندگانه

کودکان با معلولیت‌های چندگانه مشکلات رشدی خاصی را تجربه می‌کنند. برای مثال، کودکان مبتلا به فلج مغزی، نقص ژنتیکی، بیماری‌های تحلیل برنده‌ی عصب و آسیب مغزی، به‌دلیل آسیب در سیستم عصبی مرکزی یا محیطی ممکن است قادر به برقراری ارتباط با محیط از طریق صحبت کردن نباشند. در چنین شرایطی، نیاز اساسیِ ایجاد روابط و برقراری ارتباط مؤثر با دیگران در آنها برآورده نمی‌شود. حتی گاهی استعدادهای شناختی این کودکان مورد تردید قرار می‌گیرد و آنها را ناتوان تلقی می‌کنند که این امر منجر به اختلال در احساس هویت و حرمت خود آنان می‌شود. در مورد کودك چند معلولیتی که قادر به صحبت نیست و فقط با چشم خود اشاره می‌کند، نگاه غالباً طبیعی‌ترین و یکی از ساده‌ترین راه‌ها جهت برقراری ارتباط با محیط زندگی می‌باشد. برای کودکی که به‌دلایل مختلف نمی‌تواند از دستان خود برای کار با رایانه استفاده کند (مثلاً کودک دچار فلج مغزی، دیستروفی عضلانی، ضایعه نخاعی و ...) کنترل چشم، یک وسیله‌ی ارتباطی مؤثر

1. Angular acceleration

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

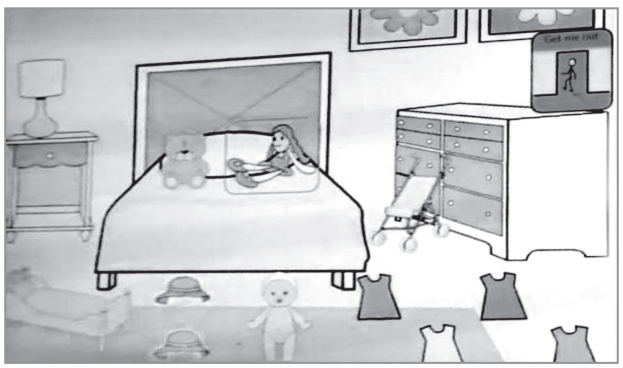
و بنابراین سریع‌ترین و آسان‌ترین راه برای استفاده از رایانه است. کودکان مذکور برای بیان نیازهای خود و توسعه‌ی روابط اجتماعی از طریق چشم، نیازمند ابزار خاصی هستند. ردیابی چشم یک ابزار بالقوه برای برقراری ارتباط با کودکان فاقد قوه‌ی تکلم و آموزش آنها است. مطابق با پژوهش‌ها، ردیابی چشم می‌تواند زندگی کودکانی را که تنها کانال ارتباطی آنها بینایی است، متحول کند. زیرا برای این افراد، شکل‌های جدیدی از گذراندن اوقات فراغت، یادگیری و برقراری ارتباط با محیط را فراهم می‌سازد (۲۹, ۳۰).

C-Eye ® نمونه‌ای از ابزارهای مبتنی بر ردیابی چشم است که سبب تحریک سیستم عصبی مرکزی می‌شود و برای تعامل کودکان چندمعلولیتی که تنها کانال ارتباطی‌شان، حس بینایی است ابزاری جایگزین می‌باشد. نرم‌افزار C-Eye ® برای کنترل رایانه از ردیابی چشم استفاده می‌کند و کودک چندمعلولیتی به کمک آن می‌تواند از طریق محتوای مورد نمایش در صفحه (نمودار، عکس و نوشته) با محیط ارتباط صوتی و تصویری برقرار کند. این نرم‌افزار، سه قسمت دارد. در قسمت اول (تشخیص وضعیت) مواردی که بررسی می‌شوند عبارت‌اند از: ارزیابی حواس (بینایی، شنوایی و سطح آستانه)؛ ارزیابی عملکردهای زبان (خواندن و درک کلمات و جملات، مهارت‌های نوشتن، شناسایی اصوات با تصویر)؛ ارزیابی عملکرد شناختی شامل بصری-فضایی (درک اندازه، رنگ و ساختار اشیاء و حروف)، حافظه (معنایی و بصری)، تفکر (تفکر علت و معلولی، طبقه‌بندی اشیاء) و مهارت‌های ارتباطی (مهارت‌های زبانی و عملی، بیان نیازها) و ارزیابی حالات عاطفی. قسمت دوم این نرم‌افزار (توان‌بخشی عصبی) پنج نوع تمرین دارد: عملکردهای زبانی، عملکردهای دیداری-مکانی، حافظه، تفکر و تخیل. سومین بخش از نرم‌افزار (ارتباطات و سرگرمی) به ارائه‌ی ابزارهای کاربردی برای ارتباط و سرگرمی کودک می‌پردازد (۲۹).

یکی دیگر از کاربردهای فناوری ردیابی چشم برای دانش‌آموزان چند معلولیتی، توان‌بخشی آنان از طریق بازی‌های چشمی است. بازی‌های مبتنی بر ردیاب‌های چشمی (که قادر به محاسبه‌ی موقعیت نگاه هستند) سبب کشف و تحریک توان بصری کودکان چند معلولیتی می‌شوند. همچنین این بازی‌ها برای بهبود تثبیت و تعقیب چشمی نیز مفید هستند. پژوهشگران پروژه‌ای به نام GazePlay را طراحی کرده‌اند که یک نرم‌افزار رایگان، مشتمل بر چندین بازی کوچک است و با ردیاب‌های چشمی رایج و ارزان قیمت، متصل و هماهنگ می‌شود (تصویر ۸). نرم افزار GazePlay ،۲۲ بازی کوچک دارد که با تمام ردیاب‌های چشم که قادر به کنترل نشانگر موس هستند، سازگار است .برای کمک به ایجاد انگیزه در کودکان، در این نرم‌افزار هم تغییر تصاویر پیش فرض بازی‌ها بسیار آسان است و هم کودکان به روش‌های مختلف (مانند یک لبخند بزرگ) تقویت می‌شوند (۳۰).

تصویر ۸) تصویر منوی اصلی نرم‌افزار GazePlay

در پژوهشی دیگر، پژوهشگران برای بهبود مهارت‌های ارتباطی افراد چندمعلولیتی که با وجود توانایی کنترل حرکات چشم، در صحبت کردن و استفاده از دست برای کنترل موس و صفحه‌ی لمسی مشکل دارند، از فناوری ردیابی چشم کمک گرفته‌اند. در این پژوهش در طول جلسات ردیابی چشم، ابتدا معلم نرم‌افزار را برای هر دانش‌آموز چندمعلولیتی تنظیم می‌کرد سپس در کنار دانش‌آموز می‌نشست و آنها از طریق نرم‌افزار دستگاه ردیابی چشم با یکدیگر تعامل برقرار می‌کردند. برای مثال، مطابق با تصویر ۹، وقتی نگاه دانش‌آموز به عروسک ثبت می‌شد دستگاه یک کلیپ صوتی را پخش می‌کرد که می‌گفت «عروسک» و معلم او را تقویت می‌کرد. به‌تدریج و با ادامه‌ی جلسات آموزشی، تعامل دانش‌آموز با معلم افزایش یافت و سبب تقویت روابط دانش‌آموزان با محیط شد (۳۱)



تصویر ۹) عناصر صحنه‌ی تعاملی مبتنی بر ردیابی چشم

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

چالش‌های ردیابی چشم

با وجود مزایای استفاده از فناوری ردیابی چشم چالش‌هایی در زمینه‌ی این فناوری وجود دارد که باید به آنها توجه شود. داشتن تخصص در تحلیل مجموعه‌ی بزرگی از داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره و زمان‌بر بودن این تحلیل، برخورداری از آزمایشگاه‌هایی با فضای کافی، هزینه‌بر بودن تعمیر و نگهداری تجهیزات، استخدام و آموزش کارکنان و نیز پرداخت حقوق آنان بعضی از این چالش‌ها است (۳). از طرفی، تحلیل داده‌های ردیاب‌های چشمی نیازمند مهارت‌های خاصی مانند پردازش سیگنال است. مسئله‌ی دیگر، کیفیت داده‌های ردیابی چشم است که با «دقت» و «از دست رفتن» داده‌ها بیان می‌شوند. دقت به خطای بین محل نگاهِ گزارش شده توسط ردیاب چشم و مکان واقعیِ نگاه آزمودنی، اشاره دارد. دقت، خطایی سیستماتیک است که در پژوهش‌های روان‌شناختی از آن با عنوان «روایی» نیز یاد می‌شود. از دست رفتن داده‌ها به رابطه‌ی بین تعداد اندازه‌گیری‌های موردانتظار از محل نگاه توسط ردیاب چشم و تعداد نگاه واقعی واردشده به دستگاه اشاره دارد. به‌عنوان مثال، اگر یک آزمودنی سر خود را از صفحه برگرداند یا چشمک بزند، ردیاب چشم نمی‌تواند مکان نگاه را گزارش کند و این امر به معنای از دست رفتن اطلاعات است. مشکلات فنی ردیاب نیز می‌توانند سبب از دست رفتن داده‌ها شوند (۱۰).

مشکلات ردیابی چشم خردسالان با نیازهای ویژه

یکی از مسائل مهم در مورد ردیابی چشم کودکان با نیازهای ویژه، اطمینان از دیده شدن چشم‌ها توسط دوربین ردیاب است. شاید تصور شود که یک ردیاب چشمی دارای تکیه‌گاه، بهترین وسیله برای ردیابی چشم این کودکان است، اما باید دقت کنیم که حتی در مورد کودکان عادی نیز نشستن در یک وضعیت ثابت بدون حرکت سر، دشوار است. اگر آزمودنی‌ها چندمعلولیتی باشند، مشکل پیچیده‌تر نیز می‌شود. از طرف دیگر، اگرچه عینک‌های ردیابی چشم امکان حرکت آزادانه‌ی سر، هنگام ضبط را فراهم می‌کنند اما ممکن است با سر کودکان تنظیم نباشند که این مسئله برای آنها آزار دهنده است. به‌نظر می‌رسد ردیاب‌های چشمِ از راه دور، یک راه حل برای این مشکل باشند. هر چند که چرخاندن سر از ردیاب باعث از دست رفتن سیگنال حرکت چشم می‌شود. هنگام ردیابی چشم کودکان دارای فلج مغزی به‌دلیل عدم توانایی کنترل حرکات سر، مشکلات فوق الذکر بیشتر می‌شوند. بنابراین لازم است از تجهیزات اضافی مانند کالسکه، صندلی ماشین یا صندلی چرخدار برای کنترل سر استفاده شود (۱). یک نمونه از ردیاب‌ها که برای خردسالان با نیازهای ویژه قابل استفاده می‌باشد، ردیاب Tobii TX300 است. این ردیاب روی یک قاب متحرک، سوار شده است و یک سکو با دو صندلی مختلف روی آن قرار دارد. ردیاب چشم در زیر صفحه‌ی رایانه نصب شده است. بدین ترتیب با جهت‌دهی به صفحه‌ی رایانه به موازات سر آزمودنی و قرار دادن صفحه‌ی رایانه در فاصله و ارتفاع مناسب نسبت به خط دید آزمودنی هنگام نگاه کردن مستقیم، می‌توان موقعیت و جهت‌گیری مطلوب بین آزمودنی و ردیاب چشم را به‌دست آورد. صفحه‌ی رایانه و ردیاب چشم را می‌توان بالا و پایین کرد. همچنین می‌توان ردیاب چشم را در حالت کاملاً قائم قرار داد. این تنظیم، امکان انجام پژوهش‌های ردیابی چشم با آزمودنی‌های نوزاد تا افراد بزرگسال را فراهم می‌کند (۱۰).

اطمینان از امکان ثبت موقعیت چشم‌ها تنها اولین قدم در تضمین کیفیت ردیابی چشمی کودکان با نیازهای ویژه است. برای تبدیل داده‌های ثبت شده به اطلاعات مطلوب، چند کار دیگر نیز باید انجام شود. یکی از این کارها در مرحله‌ی درجه‌بندی است. درجه‌بندی معمولاً شامل دو مرحله است. در مرحله‌ی اول، حرکات چشم آزمودنی هنگام مشاهده‌ی محرک‌ها در مکان‌های مشخص یک صحنه، ثبت می‌شود (معمولاً نقاطی وجود دارند که به‌طور مساوی روی صفحه‌ی نمایشگر توزیع می‌شوند). در مورد آزمودنی‌های بزرگسال عادی، ۹ نقطه ارائه می‌شود. این امر ممکن است در مورد کودکان خردسال و بانیازهای ویژه، دشوار باشد زیرا آنها سریعاً توجه خود را از دست می‌دهند لذا باید تعداد نقاط درجه‌بندی حداقل به ۵ نقطه کاهش یابد. حتی گاهی ممکن است به‌دلیل مشکل در برقراری ارتباط با کودکان یا درک قوانین توسط آنان از ۲ نقطه استفاده کنیم. همچنین برای نوزادان و کودکان با نیازهای ویژه می‌توانیم از محرک‌های جالب مختصر و ساده استفاده نماییم (۱).

بحث و نتیجه‌گیری

ردیابی چشم، فناوری اندازه‌گیری مدت و توالی نگاه کردن شخص به محل مورد نظر است. از این اندازه‌گیری‌ها می‌توان برای شناسایی و تحلیل توجه بصری فرد هنگام خواندن یا

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

جستجو در اینترنت و ... استفاده کرد. در فرآیند ردیابی چشم، حرکات چشم پردازش می‌شوند و در عناوین «تثبیت» یا «پرش» مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. تثبیت، دوره‌ای است که چشم به‌منظور دریافت محرک‌های بینایی نسبتاً ساکن است. پرش، مجموعه‌ای از حرکات سریع است که بین دو تثبیت وجود دارد. در حین پرش، شفافیت دید، متوقف می‌شود؛ بنابراین محرک‌های بینایی در طی تثبیت‌ها دریافت می‌شوند (۶). اطلاعات مربوط به چگونگی حرکات چشم در یک لحظه‌ی خاص، کاربردهای بالقوه‌ی بسیاری در زمینه‌ی آموزش و پرورش کودکان با نیازهای ویژه دارد. از طریق داده‌های ردیابی چشمی می‌توان به زمانی که این کودکان صرف دیدن یک بخش خاص می‌کنند، توالی مشاهدات آنان و نیز نقاطی که بیشترین توجه را به‌خود جلب می‌کنند، دست یافت (۲). داده‌های حاصل از ردیابی چشم می‌توانند اطلاعات ارزشمندی را برای طراحی و توسعه‌ی فعالیت‌های بصری کودکان با نیازهای ویژه فراهم کنند. همچنین اندازه‌گیری حرکات چشم می‌تواند به درک بهتری از فرآیندهای شناختی مربوط به درک مطلب و ادراک بصری این کودکان منجر شود (۳).

پژوهش حاضر نشان داد که یکی از فواید مهم ردیابی چشم، غربالگری به‌هنگام کودکان نارساخوان است. غربالگری سریع و خودکار مبتنی بر اندازه‌گیری‌های ردیابی چشم می‌تواند افراد در معرض نارساخوانی را در سنین پایین شناسایی نماید. برای تحقق غربالگری به‌هنگام، می‌توانیم تمریناتی را طراحی کنیم تا بدون نیاز به ارائه‌ی پاسخ‌های کلامی توسط کودک، تخمینی از عملکرد وی در خواندن به‌دست آید. با توجه به اینکه حرکات چشمی نارساخوان‌ها کاملاً متفاوت از افراد عادی است با استفاده از یادگیری ماشینی می‌توان مدل‌هایی برای غربالگری سریع، عینی و دقیق جهت شناسایی کودکان نارساخوان ایجاد کرد (۱۴).

بر طبق این پژوهش، در زمان همه‌گیری ویروس کرونا می‌توان از فناوری ردیابی چشم به‌عنوان ابزاری برای تعامل از راه دور جهت آموزش کودکان با سندرم رِت استفاده کرد. همچنین از این فناوری می‌توان برای بررسی الگوهای نگاه کودکان با اختلال طیف اُتیسم و نیز تشخیص زودهنگام این اختلال استفاده کرد. از آنجایی که الگوهای حرکتی چشمی خردسالان با اختلال طیف اُتیسم با افراد عادی متفاوت است و به‌دلیل عدم نیاز به پاسخ‌های حرکتی یا زبانی پیشرفته از طرف کودک در روش ردیابی چشم، استفاده از این روش، همزمان با اطلاعات کسب شده از والدین و مراقبان کودک می‌تواند قبل از ظهور ویژگی‌های رفتاری این اختلال، سبب تشخیص زودهنگام خردسالان در معرض خطر اختلال طیف اُتیسم و نهایتاً درمان زودرس آن شود (۹, ۲۰).

نتایج پژوهش حاضر گویای آن است که با استفاده از فناوری ردیابی چشم می‌توان با دقت بالایی اقدام به تشخیص اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی نمود. همچنین به کمک این فناوری می‌توان بازداری شناختی کودکان دارای این اختلال را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشید. آگاهی از توانمندی‌های دیداری کودکان با نیازهای ویژه‌ی ذهنی، بهبود گفتارخوانی کودکان آسیب دیده‌ی شنوایی و تقویت توانایی‌های ارتباطی کودکان چندمعلولیتی از دیگر کارکردهای فناوری ردیابی چشم برای کودکان با نیازهای ویژه است.

به‌دلیل کاهش قیمت در سخت‌افزار، نرم‌افزار و تجهیزات ردیابی چشم و به‌واسطه‌ی وجود طیف وسیعی از ابزارها در این زمینه، از تجهیزات غیرمتحرک تا استفاده از عینک، امکان انجام مطالعات متنوع درخصوص ردیابی چشم برای انواع کودکان بانیازهای ویژه فراهم است (۳) لذا به سیاست‌گذاران آموزش و پرورش استثنایی کشورمان توصیه می‌شود در راستای طرح مداخله‌ی زودهنگام و در ضمن برنامه‌ی سنجش نوآموزان، مسئله‌ی غربالگری زودهنگام اختلال طیف اُتیسم و اختلال خواندن و نیز شناسایی کودکان با اختلال نارسایی توجه همراه با بیش فعالی از طریق فناوری ردیابی چشم را مورد توجه قرار دهند. از طرف دیگر، مربیان مراکز مشکلات ویژه‌ی یادگیری برای تشخیص غفلت‌ورزی دیداری و نحوه‌ی پیگردی دیداری مراجعان عموماً از خرده‌آزمون‌های بعضی از آزمون‌های هوشی (مثلاً خرده‌آزمون حذف کردن در آزمون وکسلر IV) و یا ابزارهای دیگری استفاده می‌کنند که قادر به شناسایی دقیق حرکات چشم آزمودنی نمی‌باشند لذا لازم است که مراکز مشکلات ویژه‌ی یادگیری و مراکز ویژه‌ی اُتیسم به تجهیزات به روز شده‌ی فناوری ردیابی چشم مجهز شوند و کارکنان این مراکز در زمینه‌ی کاربرد این فناوری جهت پرورش مهارت‌های بصری کودکان (پیگردی دیداری، تمیز دیداری و ...) مورد آموزش قرار بگیرند.

پژوهش حاضر به اقتضای شرایط، تنها به معرفی تعداد اندکی از پژوهش‌های مربوط به کاربرد ردیابی چشم برای دانش‌آموزان با نیازهای ویژه پرداخته است. با توجه به گستردگی پژوهش‌های خارجی انجام شده در خصوص ردیابی چشم، ممکن است در این نوشتار، مسائل مهمی در زمینه‌ی ردیابی چشم کودکان با نیازهای ویژه، مغفول مانده باشد. از این رو ضرورت دارد

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

پژوهشگران کشورمان همگام با کشورهای پیشرو در زمینه‌ی فناوری ردیابی چشم، اقدام به انجام پژوهش‌های گسترده در خصوص ردیابی چشم گروه‌های مختلف دانش‌آموزان با نیازهای ویژه (اختلال خواندن، اختلال طیف اُتیسم و ...) نمایند تا امکان مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده با یافته‌های پژوهش‌های خارجی و اطمینان بیشتر از تعمیم و کاربرد یافته‌ها فراهم آید.

References

1. Kasprowski P, Harezlak K. Vision Diagnostics and Treatment System for Children with Disabilities. Journal of Healthcare Engineering. 2018; 2018: 1-10.
2. Sindhwani S, Minissale G, Weber G, Lutteroth C, Lambert A, Curtis N, et al. A Multidisciplinary Study of Eye Tracking Technology for Visual Intelligence. Education Sciences. 2020; 10(8): 1-17.
3. Leggette H, Rice A, Carraway C, Baker M, Conner N. Applying Eye-Tracking Research in Education and Communication to Agricultural Education and Communication: A Review of Literature. Journal of Agricultural Education. 2018; 59: 79-108.
4. Meng-Lung L, Meng-Jung T, Fang-Ying Y, Chung-Yuan H, Tzu-Chien L, Silvia Wen-Yu L, et al. A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. Educational Research Review. 2013; 10: 90-115.
5. Raatikainen P. Automatic detection of developmental dyslexia from eye movement data[Master's Thesis]. [Finland]: Department of Mathematical Information Technology, University of Jyväskylä; 2019. pp: 1-26.
6. Hornbæk M HJ, Schaarup C, Hejlesen MO. Usability of eye tracking for studying the benefits of e-learning tutorials on safe moving and handling techniques. In: Bygholm A, Pape-Haugaard L, Niss K, Hejlesen O, Zhou C, editors. Proceedings from The 16th Scandinavian Conference on Health Informatics 2018, Aalborg, Denmark August 28–29, 2018; Aalborg, Denmark: Linköping University Electronic Press, Linköpings universitet. 2018, P. 56-61.
7. Sharma K, Giannakos M, Dillenbourg P. Eye-tracking and artificial intelligence to enhance motivation and learning. Smart Learning Environments. 2020;7(1): 1-19.
8. Haddioui IE, Khaldi M. Learner Behavior Analysis through Eye Tracking. International Journal of Computer Science Research and Application. 2012; 2 (2): 11-18.
9. Shishido E, Ogawa S, Miyata S, Yamamoto M, Inada T, Ozaki N. Application of eye trackers for understanding mental disorders: Cases for schizophrenia and autism spectrum disorder. Neuropsychopharmacology reports. 2019; 39 (2): 7-72.
10. Roy SH, Ignace TCH. Eye tracking in developmental cognitive neuroscience – The good, the bad and the ugly. Developmental Cognitive Neuroscience. 2019; 40: 1-11.
11. Filomena F, Emiliana M, Giulia S, Antonina P, Maria Grazia L. Eye-tracking glasses for improving teacher education: the e-Teach project. Research on Education and Media. 2019; 11(1): 85-92.
12. Iannizzotto G, Nucita A, Fabio RA, Caprì T, Lo Bello L. Remote Eye-Tracking for Cognitive Telerehabilitation and Interactive School Tasks in Times of COVID-19. Information. 2020; 11(6): 1-9.
13. Chakraborty V, Sundaram M. Retraction: Machine learning algorithms for prediction of dyslexia using eye movement (J. Phys.: Conf. Ser. 1427 012012). Journal of Physics: Conference Series. 2020; 1427: 1-9.
14. Modak M GK, Siddhanth V, Kelkar N, Iyer A, Prachi G. Detection of Dyslexia using Eye Tracking Measures. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019; 8 (9S2): 58-61.
15. Saluja K, Dv J, Arjun S, Biswas P, Paul T. Analyzing Eye Gaze of Users with Learning Disability. Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Graphics and Signal Processing. 2019; June 1-3; Hong Kong. United States, New York: Association for Computing Machinery, 2019, P 95-99.
16. Rello L, Ballesteros M. Detecting Readers with Dyslexia Using Machine Learning with Eye Tracking Measures. In: Carrico L, Mirri S. editors. W4a '15. W4A '15: Proceedings of the 12th International Web for All Conference; 2015 May 18-20; Florence Italy. New York, United States: Association for Computing Machinery, 2015, P. 1-8.
17. Asvestopoulou T, Manousaki V, Psistakis A, Smyrnakis I, Andreadakis V, Aslanides I, et al. DysLexML: Screening Tool for Dyslexia Using Machine Learning. ArXiv. 2019; 1: 1-6.
18. Al-Edaily A, Al-Wabil A, Al-Ohali Y, editors. Dyslexia Explorer: A Screening System for Learning Difficulties in the Arabic Language Using Eye Tracking. In: Holzinger A, Ziefle M, Hitz M, Debevc M, editors. Human Factors in Computing and Informatics. SouthCHI 2013; 2013 July 1-3; Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, P. 831-834.

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]

19. de Belen RAJ, Bednarz T, Sowmya A, Del Favero D. Computer vision in autism spectrum disorder research: a systematic review of published studies from 2009 to 2019. Translational Psychiatry. 2020; 10(1): 1-20.
20. Solovyova A, Danylov S, Oleksii S, Kravchenko A. Early Autism Spectrum Disorders Diagnosis Using Eye-Tracking Technology. ArXiv. 2020; 28: 1-11.
21. Sukru E, Victoria Y, Yeliz Y, Simon H. Web users with autism: eye tracking evidence for differences. Behaviour \& Information Technology. 38(7): 678-700.
22. Carlin M T SSA, Dennis NA, Strawbridge C, Chechile NA. Guided visual search in individuals with mental retardation. American Journal on Mental Retardation. 2002; 107(4): 237-51.
23. Zashchirinskaia OV, Nikolaeva E. The understanding of the text and images by teenagers with different levels of intelligence with eye tracking using. In: Berkis U, Vilka L, editors. SHS Web Conf. 2018 November 8; France: SHS Web of Conferences, 2018, P 1-7.
24. Worster E, Pimperton H, Ralph-Lewis A, Monroy L, Hulme C, MacSweeney M. Eye Movements During Visual Speech Perception in Deaf and Hearing Children. Language Learning. 2018; 68: 159 - 79.
25. Rathbun K BL, Caulfield C, Stinson M, Huenerfauth M. Eye movements of deaf and hard of hearing viewers of automatic captions. Journal on Technology and Persons with Disabilities. 2017; (5): 130-40.
26. Michalek AMP, Jayawardena G, Jayarathna S, editors. Predicting ADHD Using Eye Gaze Metrics Indexing Working Memory Capacity. In: Computational Models for Biomedical Reasoning and Problem Solving. Hershey, PA: IGI Global; 2019, p. 66-68.
27. Lee TL, Yeung MK, Sze SL, Chan AS. Eye-Tracking Training Improves Inhibitory Control in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. Brain Sci. 2021;11(3):314.
28. Deans P, O¡¯Laughlin L, Brubaker B, Gay N, Krug D. Use of Eye Movement Tracking in the Differential Diagnosis of Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and Reading Disability. Psychology. 2010; 1(4): 238-246.
29. Kochanowicz A. Eye-Tracking in the Diagnosis, Therapy and Education of Children with Multiple Disability: An Outline of Issues. Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce. 2019; 14: 109-19.
30. Schwab D, Fejza A, Vial L, Robert Y, editors. The GazePlay Project: Open and Free Eye-trackers Games and a Community for People with Multiple Disabilities. ICCHP 2018 - 16th International Conference on Computers Helping People with Special Needs; 2018 July 11-13; Linz, Austria: Springer, 2018, p.254-261.
31. Lui M MA, Shimaly R, Atcha A, Ali H, Carroll S, McEwen R. User experiences of eye gaze classroom technology for children with complex communication needs. Journal of Special Education Technology. 2021; 1: 1-11.

[Downloaded from exceptionaleducation.ir on 2026-09-12]