

Comparison of eye tracking in dyslexic and non-dyslexic children: Eye fixations, saccades, and gaze duration

Fahimeh Khosravian¹, Mahnaz Estaki², Javad Eynypour³

Receive: 2024/08/24 Revised: 2025/04/12
Accepted: 2025/08/16

مقایسه‌ی رصد چشمی در کودکان نارساخوان و بدون نارسا خوانی: تثبیت‌های چشمی، جهش‌های ساکاد و طول مدت خیرگی

فهیمه خسروی‌ان^۱، مهناز استکی^۲، جواد عینی پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳ تجدید نظر: ۱۴۰۴/۰۱/۲۳
پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

چکیده

هدف: اختلال نارسا خوانی بعنوان یکی از شایع‌ترین مشکلات یادگیری، نیازمند روش‌های تشخیصی دقیق و عینی است. مطالعه حاضر با هدف مقایسه قدرت تشخیصی متغیرهای رصد چشمی (تثبیت‌های چشمی، ساکاد و مدت خیرگی) در شناسایی کودکان نارسا خوان انجام شد. **روش:** این پژوهش روی ۳۰ دانش‌آموز ۹ تا ۱۲ ساله (۱۵ کودک نارسا خوان و ۱۵ کودک عادی) انجام پذیرفت. شرکت‌کنندگان با استفاده از دستگاه ردیاب چشمی Tobii pro spectrum در حین انجام تکلیف خواندن متن فارسی مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌های مربوط به حرکات چشم با روش اماراتی پیشرفته تحلیل شدند. **یافته‌ها:** این پژوهش به نتایج زیر دست یافت: ۱- همبستگی قوی و معنادار بین تعدا تثبیت‌های چشمی و نارسا خوانی ($p < 0/01$) ۲- همبستگی ضعیف برای متغیرهای ساکاد و مدت خیرگی ($p < 0/1 > 0/05$). **نتیجه‌گیری:** یافته‌ها حاکی از این است تعداد تثبیت‌های چشمی می‌تواند شاخص دقیق‌تر در غربالگری و تشخیص اولیه نارسا خوانی در کودکان مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: نارساخوانی، اختلال یادگیری ویژه، رصد چشمی، علوم اعصاب شناختی

References

Objectives: Dyslexia, as one of the most prevalent learning disorders, requires precise and objective diagnostic. **Methods:** This study aimed to compare the diagnostic power of eye-tracking variables (fixations, Saccades, and gaze duration) in identifying children with dyslexia. This case-control study examined 30 students aged 9-12 years (15 with dyslexia and 15 typically developing controls). The participants were assessed using the Tobii Pro Spectrum eye-tracker during standardized Persian reading tasks. Eye movement data were analyzed using advanced statistical methods. **Results:** The findings revealed a strong, significant correlation between fixation count and dyslexia ($p < 0.01$), and a weaker correlations for saccades and gaze duration variables ($0.05 < p < 0.1$). **Conclusion:** The results indicated that fixation count may serve as a more accurate indicator for early screening and diagnosis of dyslexia in children. These findings could contribute to developing new diagnostic tools and intervention programs.

Keywords: Dyslexia, Specific learning disorder, Eye-tracking, eye fixation, Cognitive neuroscience

1. PhD student, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran f.khosravian7780@gmail.com
2. Assistant Professor, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran p.esteki@gmail.com
3. Faculty Member and Assistant Professor, Amin Police University, Tehran, Iran j.eynypour@gmail.com

۱. دانشجوی دکتری، گروه روانشناسی کودکان استثنایی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

f.khosravian7780@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه روانشناسی کودکان استثنایی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

p.esteki@gmail.com
۳. دانشیار گروه روانشناسی و علوم تربیتی، دانشکده منابع سازمانی، دانشگاه جامع علوم انتظامی امین، تهران، ایران.
j.eynypour@gmail.com

مقدمه

امروزه پژوهش‌های گسترده‌ای درباره نارساخوانی انجام شده که نشان می‌دهد این ناتوانی ارتباط مستقیمی با الگوهای حرکتی چشم افراد دارد. این ارتباط می‌تواند به شاخص‌های مانند حرکات ناگهانی چشم (ساکاد)، و مدت زمان خیرگی چشم بر روی کلمات تثبیت نگاه هنگام خواندن مربوط باشد. با پیشرفت فناوری‌های ردیابی حرکات چشم، تشخیص این الگوها آسان‌تر شده است (اشکاتا و همکاران، ۲۰۱۰) (هاولکا و همکاران، ۲۰۱۰) (بنفاتو و همکاران، ۲۰۱۶) (وایکسدال و همکاران، ۲۰۲۱) و (بیسکالدی و همکاران، ۱۹۹۸)

هر کدام از این مشخصه‌های چشمی در هنگام خواندن به نوبه‌ی خود مبین ایراداتی در ارتباط با نارساخوانی هستند. به عنوان نمونه، در نقاط تثبیت که شامل نقاطی است که در طی خوانش کلمات، چشم حرکات ناگهانی افقی یا عمودی برای دنبال کردن نوشته ندارد و در حال تجزیه و تحلیل آنچه است که دیده و تمامی بار تحلیل دیداری در چشم بر روی این متغیر زمانی از حرکات چشمی است (ناتمن، ۲۰۱۴: ۹)، ارتباط میان نقاط تثبیت و کیفیت عمل شناختی خواندن-خصوصاً در مورد روند سری زمانی آن و همینطور طول مدت آن- و ابتلا به نارسایی خواندن، از موارد مد نظر متخصصان و پزشکان و کارشناسان امر بوده است (وارد و کاپولا، ۲۰۲۰) (نیلسون بنفاتو، ۲۰۱۶: ۱۲) یا در مورد ساکادها که پیرو تعریف بالا، به جهش‌های میان نقاط تثبیت که در واقع حرکات چشم برای دنبال کردن مطلب در هنگام خواندن و پیدا کردن کلمات بعدی اطلاق می‌گردد و بر خلاف تصور، حرکات نرمی نیستند و شامل جهش‌های ناگهانی هستند، به این واسطه که عمل خواندن در واقع سرکوب می‌شود و هیچ داده‌ای تقریباً ضبط و تحلیل نمی‌شود (ناتمن، ۲۰۱۴: ۹) همچون شاخص قبل (تثبیت‌های چشمی) کیفیت و کمیت ساکادها در هنگام خوانش، در ارتباط با

نارسایی خوانی مورد توجه پژوهشگران و متخصصان بوده است (وارد و کاپولا، ۲۰۲۰) (نیلسون بنفاتو، ۲۰۱۶: ۱۲) و البته طول مدت خیرگی، [که شامل] زمان تمام تثبیت‌هایی است که بر روی یک کلمه، پیش از شروع به جهش ساکادی برای پیدا کردن کلمه‌ی بعدی صرف می‌شود (راسکین و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۷۷)، نیز در تناسب با میزان نرمال خوانش در میان افراد عادی، از شاخص‌های بسیار مناسب در تشخیص نارساخوانی به حساب می‌آید. معمولاً طول مدت خیرگی افراد نارساخوان به طرز معناداری از افراد فاقد این نارسایی بیشتر است (پینته، ۲۰۰۰: ۴۷-۶۴)

با این وجود، محدود پژوهش‌های داخلی انجام شده بر روی موضوع نارساخوانی به واسطه‌ی حرکات چشمی و رصد آن‌ها وجود دارد. میرطاهری و همکاران (۱۳۹۷) به نتایج جالبی در این مورد دست پیدا کردند. نتایج نشان داد در کل، تفاوت معناداری در حرکات چشم دانش‌آموزان با و بدون نارساخوانی در تکالیف ادراک بینایی وجود نداشت، اما با لحاظ کردن سطوح دشواری تکالیف، دوگروه تفاوت معناداری در مدت زمان تثبیت و جهش چشم نشان دادند. پژوهش فوق استنباط کرد که منبع مشکلاتی که نارساخوانان به هنگام خواندن تجربه می‌کنند، در سطح پردازش دیداری نیست و احتمالاً در سطح بالاتری از پردازش روان شناختی مشکل دارند. این موضوع را می‌توان کنار پژوهش وایکسدال و همکاران (۲۰۲۱) در سال‌های اخیر قرار داد که نشان داد علی‌رغم ساکادهای عادی به عنوان نمونه، کودکان نارساخوان، کنترل کمی روی تعداد تثبیت‌های چشمی خود دارند. این یافته‌ها، نشان دهنده‌ی پیچیدگی و گاهی گمراه‌کننده بودن متغیرهای رصد چشمی است. بنابراین یافتن میزان اهمیت و معناداری هر کدام از این متغیرها، اهمیت و ضرورتی در اولیت رصدهای غربالگری برای تشخیص موارد مشکوک پیدا می‌کند.

در تعریف علمی و عینی نارساخوانی میان گروه‌های درگیر با این اختلال و افراد عادی است.

رصد چشمی:

از جمله روش‌های تشخیص نارسا خوانی، دنبال کردن حرکات چشم در زمان خوانش و یا شنیداری است. ردیابی حرکات چشم^۱ امکان مشاهدات مستقیم، عینی و کمی را از طریق تجزیه و تحلیل الگوهای ردیابی نگاه را فراهم می‌آورد که خود می‌تواند گویای اطلاعاتی از صحنه‌های در دسترس برای مغز انسان باشد. بنابراین این روش به طور کلی آنچه در مغز به هنگام عملیات شناختی اتفاق می‌افتد و این عملیات به سادگی بطور مستقیم از درون مجمله قابل مشاهده نیست را آشکار می‌سازد.

به دلیل هزینه‌ی نسبتاً پایین، مطالعات ردیابی حرکات چشم می‌تواند در پژوهش‌های مقیاس بالا نیز به کار گرفته شود. این در حالی است که اکثر پژوهش‌های انجام شده تا به امروز بر مبنای گروه نمونه‌ی کوچکی صورت گرفته اند (بوراستون و بلکمر، ۲۰۰۷: ۸۹۷).

انگاره اساسی در پژوهش‌های ردیابی چشم فرضیه چشم-ذهن^۲ است به این معنی که در حین انجام یک تکلیف دیداری، موقعیت چشم دوختن فرد مبین عملکردهای ذهنی است که او به آن فکر می‌کند. بدین ترتیب حرکات چشم، خیره شدن^۳ و حرکات پرشی^۴ پنجره‌ای به سمت بسیاری از جنبه‌های شناختی باز می‌کند (هاندسون و فریر، ۲۰۲۲: ۴۴۱).

در این راستا، رابرتسون (۲۰۱۹) نشان داده است که با ابزارهای تکنولوژیک حساس به حرکت‌های چشم، افرادی که ظاهراً در تلکم زبان شفاهی مشکلی از خود نشان نمی‌دادند نیز، تفاوت‌های ظریف اما قابل تشخیصی در حرکات چشم و درک جملات خوانده شده‌ی برخط نسبت به افراد عادی داشتند (رابرتسون، ۲۰۱۹: ۱۵).

پژوهش فوق به سه دلیل زیر نسبت به پژوهش‌های مشابه نوآوری دارد:

۱- روش شناسی ترکیبی: استفاده همزمان از ردیابی چشم با دستگاه Tobi spectrum 1200Hz،

با این توضیحات، سراغ بررسی میزان قدرت همبستگی هر کدام از متغیرهای تثبیت‌های چشمی، ساکادها و طول مدت خیرگی در خوانش با ابتلا به اختلال نارساخوانی می‌رویم.

تعاریف:

پیش از تشریح روش و نتایجی که پژوهش به بار آورده است، هرچند در فضای تخصصی برای مخاطبان آشناست، اما محورهای اصلی این پژوهش که موضوع نارساخوانی و همینطور مسئله‌ی روشمند رصد چشمی است، به صورتی کوتاه تعریف و سپس به شرح آزمایش و نتایج پرداخته خواهد شد.

نارساخوانی:

نارساخوانی جدا از اینکه لفظ علمی بسیار مناقشه برانگیزی است (کربی، ۲۰۲۰) اما تعریف جامع آن بیان می‌کند «نارساخوانی یک اختلال عصبی-تحولی با منشا زیستی است. این افراد برخلاف برخورداری از هوش طبیعی و دسترسی‌های آموزشی، با مشکلات پایدار در دقت و سرعت خواندن، هجی کردن و تشخیص کلمات نوشتاری و پردازش واج شناختی درگیرند...» (APA، ۲۰۲۲).

این تعاریف خصوصاً در دهه‌ی اخیر از قرن بیست و یکم و با تأکید بر توانایی‌های روش‌های جدید توسعه یافته‌ی تکنولوژیک جدید از جمله تصویربرداری سیگنال‌های مغزی EEG و رصد چشمی بیش از پیش متداول شده است. اما چنانچه هلند (۲۰۲۰) از قول شای‌ویتز (۲۰۲۰) گفته است این اختلال «یک معضل غیرقابل انتظار در خواندن برای افرادی است که به اندازه‌ی کافی هوش برای آنکه بهتر بخوانند دارند».

با این وجود، عملکرد مغزی و عصب‌شناختی افراد به همراه مشخصات رصد چشمی که در این پژوهش مفصلاً به آن پرداخته می‌شود، نقطه‌ی تفکیک نسبتاً قوی‌ای در برابر افراد عادی مشخص می‌کند. این امر در میان افراد دارای نارساخوانی مشخص شده است که نواحی چپ اوکسیپیتال در قسمت‌های پردازش کلمات دچار یک کم‌کارکرد نسبت به افراد عادی است (اسنولینگ، ۲۰۱۹: ۱۶۱) که احتمالاً نقطه‌ی افتراق

الگوریتم تشخیص موتیف برای تحلیل الگوهای حرکات چشم

۲- از محدود مطالعات بر روی کودکان فارسی زبان ۹-۱۲ ساله با اختلال خواندن و بررسی همزمان سه متغیر چشمی (تثبیت، ساکاد، خیرگی) در یک پروتکل واحد می باشد. در پژوهش میر طاهری و همکاران (۱۳۹۷)، فقط به تفاوت تثبیت و ساکاد در تکالیف دشوار پرداخته شده، و خیرگی چشم بررسی نشده است.

روش

روش پژوهش، آزمایشی است که در آن متغیرهای مربوط به حرکات چشم در هنگام عمل شناختی خواندن، بین دانش‌آموزان با و بدون اختلال نارساخوانی (تعدد تثبیت‌های چشمی، تعدد جهش‌های ساکاد و مدت زمان خیرگی) مورد مقایسه قرار گیرد و سپس میزان قوت همبستگی میان این متغیرها و ابتلا به نارساخوانی نیز بررسی می گردد

مطابق با تعریف پورتا (۲۰۱۴: ۴۶) مطالعات بالینی شامل تحقیقات کنترل شده ای است که با هدف درک نارسایی های خاص در انسان طراحی می شوند، که در این مطالعه با تمرکز بر شناسایی حرکات چشم می باشد.

از سوی دیگر با استفاده از تکنیک های پیشرفته ردیابی چشم، پارامترهای کمی حرکات چشم اندازه گیری شده اند. همانطور که (رابرتسون و گالانت، ۲۰۱۹: ۱۱) و نیلسون بنفاتو و همکاران (۲۰۱۶: ۵) اشاره کرده اند، این روش امکان شناسایی

تفاوت معنادار در الگوهای حرکات چشم بین گروه‌های بالینی و عادی را فراهم می آورد.

بدین منظور، از ۳۰ نفر جامعه‌ی آماری منتخب از دانش‌آموزان ۹-۱۲ ساله‌ی استان البرز شهرستان کرج ناحیه ۲ آموزش و پرورش در دو گروه آزمایش (دانش آموزان عادی) و گروه کنترل (دانش آموزان نارساخوان) که در روز و محل آزمایش، هر ۳۰ نفرشان حاضر شدند {گروه کنترل دارای $N=15$ (۷ نفر دختر و ۸ نفر پسر) و گروه آزمایش $N=15$ (۷ نفر پسر و ۸ نفر دختر) } آزمایش رصد چشمی انجام شده است.

با استفاده از دستگاه توبی - پرو اسپکتروم ۱۲۰۰ هرتز مجموع متغیرهای میانگین زمان جهش‌های چشمی و خیرگی‌های چشمی (فن کامل، ۲۰۰۷: ۵۹۴) (کارتر، ۲۰۲۰: ۴۴) تعداد حرکات بازگشتی و خیرگی‌ها مجدد (تووز، ۲۰۲۲: ۸) و تعداد جهش‌ها در خیرگی‌های مربوطه (تیادی و همکاران، ۲۰۱۶: ۴ و ۵) مورد ثبت قرار گرفت. به منظور ثبت اطلاعات یاد شده، شرکت‌کنندگان در این آزمون، هر کدام سه متن کوتاه منتخب از کتاب فارسی ابتدایی (با توجه به میانگین سن شرکت‌کنندگان آزمون) را هر کدام به مدت سه دقیقه مورد مطالعه قرار داده اند. از آنجایی که در برخی از منابع ذکر شده حضور مشخصه‌های رنگی و یا شبه کلمات و جابجایی‌های واجی در تحریک نارساخوانی موثر نیستند (ویلکینز، ۲۰۰۳)، به منظور کسب اطمینان از حصول توجه شناختی نمونه‌های تحت آزمایش به متن و انجام خوانش صحیح، سه نوع محرک با اندکی تفاوت طراحی شد. یکی متن کاملاً صحیح و ساده، یکی متن با یک کلمه‌ی رنگی و دیگری متن با یک شبه کلمه.

شکل ۱ سه متون انتخاب شده جهت خواندن



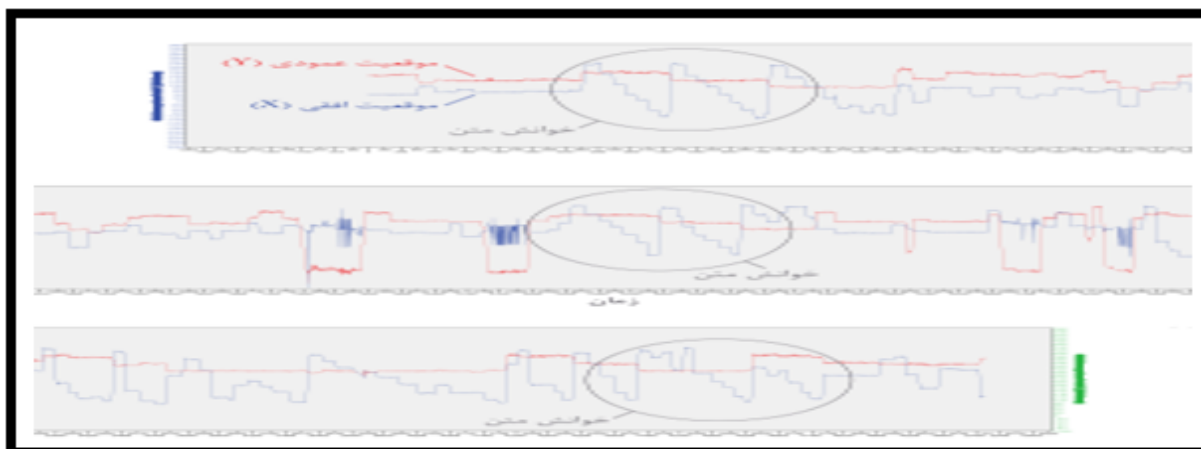
اولی نمایانگر حرکات چشمی در تشخیص کلمات در خط و دومی نمایانگر حرکات چشم در تشخیص خط درون متن است. تصویر زیر نمونه‌ی خروجی کامل داده‌های خام خیرگی‌ها جهش‌های چشمی موسوم به دسته‌بندی خیرگی‌ها است.

به منظور تحلیل آماری داده‌های خروجی از این آزمایش و پالایش داده‌های حرکت چشم از هر آنچه غیر از عمل شناختی خواندن رخ داده است، با استفاده از الگوریتم‌های موسوم به تشخیص موتیف که نمایانگر الگوهای تکراری موجود در سری زمانی‌های ریاضیاتی و موج‌ها و سیگنال‌ها هستند (مارتین و همکاران، ۲۰۲۳) سه قسمت مربوط به خوانش، استخراج می‌شود و سپس مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند (شکل ۲).

فرد تحت آزمایش، پس از قرار گرفتن در مقابل مانیتور دستگاه رصد چشم توبی و دریافت آموزش لازم از متخصص ثبت، تنظیمات مکان آزمایش (مثل ارتفاع صندلی و زاویه‌ی دوربین دستگاه) و انجام آزمون کالیبراسیون دستگاه، متن‌های محرک را می‌خواند، بعد از اتمام زمان، به عنوان استراحت و بازیابی مجدد، مورد سوالی ساده در مورد متن قرار می‌گیرند و سپس متون دوم و سوم به همین منوال برای آن‌ها به نمایش در می‌آید و مختصات حرکتی چشم آن‌ها ثبت می‌شود.

به منظور بازنمایی بصری از میان آن‌ها، برای دسته‌بندی خیرگی‌ها از نمایش نمودار مختصات افقی و عمودی استفاده می‌شود. (هوگه و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۷۶۶ و ۲۷۷۲) (نیلسون بنفاتو و همکاران، ۲۰۱۶) بنابراین نمودار سری زمانی مختصات محض میانگین خیرگی‌های چشمی به صورت افقی (روی محور Xها) و عمودی (روی محور Yها) که به ترتیب

شکل شماره ۲ تصویر خوانش مربوط به سه متن



2-k یک بار روی متغیر زمان ثبت عملیات خوانش و یک بار روی متغیر تغییرات ارتفاع حالت‌های خیرگی چشم به ترتیب در هر مجموعه داده از خوانش‌های هر فرد، دامنه‌ی داده‌های مربوط به هر یک از سه متن را مشخص و سپس، اطلاعات مربوط به هر خط از سه خط موجود در متن‌ها را تفکیک می‌نماییم (شکل زیر نمونه نتایج خروجی خوشه‌بندی با تکنیک k-means پس از ۱۰ تکرار و تعیین سه خوشه)

برای تحلیل عملکرد آماری دو گروه در آزمایش ردیاب چشم ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ترندلایز، و با تنظیمات روی متر اوقلیدوسی الگوهای تکراری مربوط به خوانش سه متن استخراج می‌شود. سپس با مراجع به پایگاه داده‌ی اولیه‌ی دستگاه ردیاب چشمی، سه قسمت خوانش را استخراج و مابقی داده‌ها از پایگاه داده مد نظر حذف می‌کنیم. سپس به منظور سهولت در استفاده از برخی آماره‌ها یا تعریف بدیع برخی از متغیرهای دیگر، با استفاده از روش خوشه‌بندی با متر

نمونه نتایج

جدول ۱ نمونه نتایج خروجی خوشه‌بندی با تکنیک k-means

خوشه‌ها	۱	۲	۳
زمان ثبت	۱۳۵۱۰	۷۷۳۴۰	۴۶۳۵۱
خوشه‌ها	۱	۲	۳
زمان ثبت	۱۸۴۰۴	۶۹۳۱۱	۴۲۸۸۵
آماره	مجموع مربعات	درجه آزادی	خطا
خوشه‌ها	۱۲E+۲/۴۰۸	۲	۱۳۷۵۵۷۵۷/۹
خطا		۹۸۳۸	

جدول ۲ تعداد موارد خوشه‌ها

تعداد موارد	خوشه‌ها
۲۹۳۸,۰۰۰	خوشه ۱
۴۸۲۲,۰۰۰	خوشه ۲
۲۰۸۱,۰۰۰	خوشه ۳
۹۸۴۱,۰۰۰	کل اعتبار
۰	مقادیر گمشده

یافته‌ها

در اینجا نتایج تحلیل داده‌ها نسبت به برخی از متغیرهای مربوط به نارساخوانی، در میان این دو گروه بیان می‌شود. با در نظر گرفتن هر یک از متغیرهای به صورتی قیاسی،

جدول شماره ۳ حاصل از میانگین بهترین ثبت‌های هر نمونه و سپس نمودارهای میله‌ای زیر با اعمال دامنه و میانگین وزن‌دار، مقیاس آمار و ارقام ثبت‌های متغیر مربوطه را در هر یک از دو گروه نمایان می‌کند.

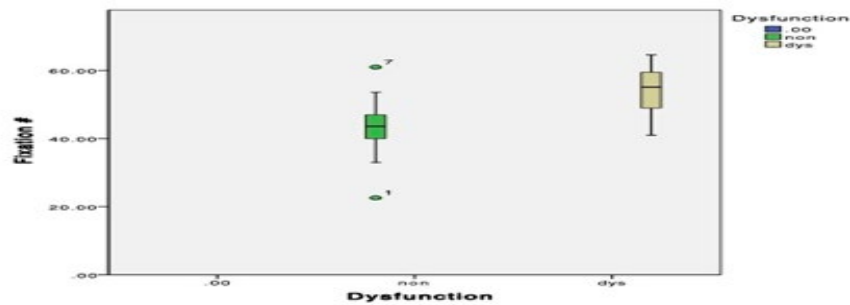
جدول شماره ۳ میانگین بهترین تثبیت‌ها

متغیر	نارساخوان	عادی
تثبیت چشمی	۵۱/۷۷	۴۳۸۲۳
ساکاد	۶۷/۱۸	۵۵۸۳۶
مدت زمان خیرگی	۱۶۴۲۱	۱۳۰۵۹
مجموع کل داده‌های نمونه	۱۴۸۸۶۷	۱۱۸۴۲۵

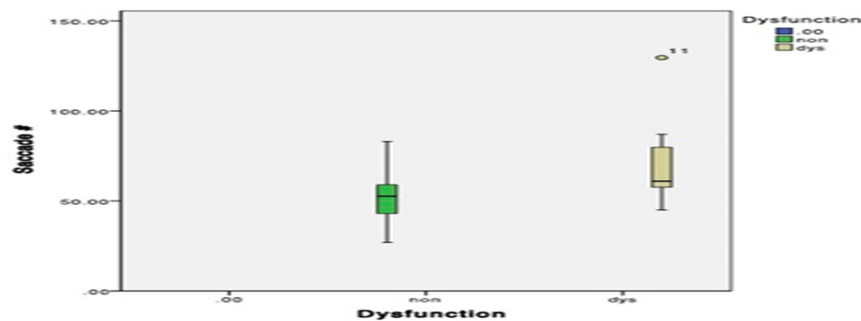
نمودارهای زیر مقادیر متغیرهای ساکادهای چشمی (نمودار ۱)، تثبیت چشمی (نمودار ۲)، و طول مدت خیرگی (نمودار ۳) برای هریک از افراد حاضر در

پژوهش در دو گروه کودکان نارساخوان و عادی می‌باشد.

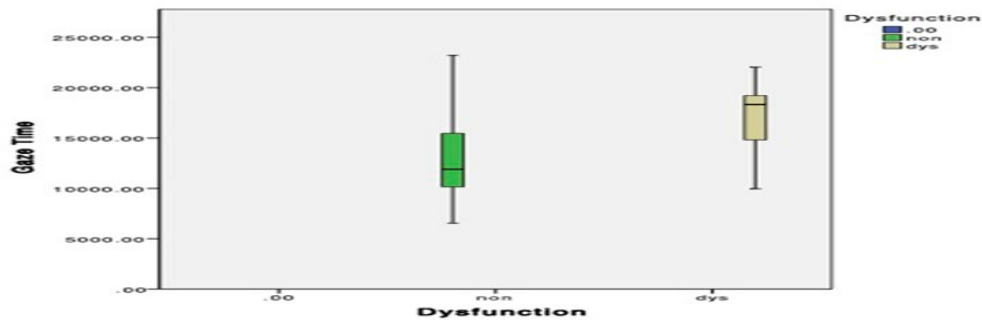
نمودار اساکادهای چشمی



نمودار تثبیت های چشمی



نمودار ۳ طول مدت خیرگی چشمی



توسط افراد در آزمون ها یا سنجش هایی از این قبیل است- که مقادیری عددی پیوسته به خود می گیرند- با متغیرهای کیفی دو موضعی که وظیفه ی دسته بندی حالت های دوگانه را بر عهده دارند. (چن واندرسون، ۲۰۲۳) (ورما، ۲۰۱۹: ۳) محاسبه ی این آماره، مقادیری از جنس ضریب همبستگی در p -value های مختلف ارائه می کند که

بنا به آنچه قابل مشاهده ی مستقیم است، رابطه ی مستقیمی میان مقادیر یا ارزش های بالا متغیرهای معرفی شده با حضور در خوشه ی نارساخوان وجود دارد. اما بررسی دقیق تر این موضوع با تحلیل همبستگی دو رشته ای نقطه ای، که در واقع نوع خاصی از ضریب همبستگی پیرسون است؛ امکان پذیر می باشد. تحلیل مد نظر در واقع شامل ارتباط نمره های کسب شده

میزان قدرت همبستگی را در رابطه‌ی مد نظر نمایان می‌کند (چن و اندرسون، ۲۰۲۳).

در اینجا با مفروض نگه داشتن p -value های کمتر از ۵٪ همبستگی مقادیر به دست آمده با جایگاه افراد در گروه‌های آزمایش (نارساخوان) و کنترل (افراد عادی) مورد سنجش قرار می‌گیرند تا رابطه‌ی هر متغیر با اختلال نارساخوانی مشخص گردد. محاسبات آماره‌های بالا که مقادیری از جنس ضریب همبستگی در p -value کمتر از ۵٪ را به صورت پاسخ قابل قبول ارائه می‌کند که میزان قدرت همبستگی را در رابطه‌ی مد نظر نمایان می‌کند. (چن و اندرسون، ۲۰۲۳)

این نتایج مشخص می‌کنند که با وجود رابطه‌ی همبستگی مستقیم میان تمامی متغیرهای معرفی

شده در اینجا حاصل از آزمایش رصد چشمی، قوی‌ترین همبستگی در اینجا با معیارهای آماری بازه‌ی اطمینان ۹۵ درصدی، بین ابتلا به نارساخوانی و تعدد بالای تثبیت‌های چشمی (جدول شماره ۴) در خوانش رابطه‌ی قوی وجود دارد. از طرفی دیگر نیز ما بین تعداد جهش‌های چشمی ساکاد (جدول شماره ۵) و همین‌طور مدت زمان کل خیرگی (جدول شماره ۶) در حین خواندن نیز با ابتلا به نارساخوانی، رابطه‌ی وجود دارد و اختلاف عددی نسبتاً زیادی نیز میان میانگین عملکرد دو گروه (عادی و نارساخوان) وجود دارد. اما این همبستگی بسته به نوع توزیع این داده‌ها، همبستگی از نوع ضعیف می‌باشد و در بازه‌ی اطمینان ۹۰ درصد قرار می‌گیرند.

جدول ۴ همبستگی تثبیت‌های چشمی با اختلال نارساخوانی

تثبیت	اختلال
*۰/۵۱۱	۱ همبستگی پیرسون
۰/۳۶	معنا داری آماری
۴۶/۱۱۸	۴/۲۳۵ مربع مجزورات
۲/۸۸۲	۰/۲۶۵ کو واریانس
۱۷	۱۷ N
۱	*۰/۵۱۱ همبستگی پیرسون
۰/۳۶	معنا داری آماری
۱۹۲۵/۲۷۹	۴۶/۱۱۸ مربع مجزورات
۲/۸۸۲	۰/۲۶۵ کو واریانس
۳۰	۳۰ N

جدول ۵ همبستگی جهش‌های چشمی با اختلال نارساخوانی

جهش چشم (ساکاد چشمی)	اختلال
۰/۳۸۱	۱ همبستگی پیرسون
۰/۱۳۲	معنا داری آماری
۷۳/۲۸۸	۴/۲۳۵ مربع مجزورات
۴/۵۸۱	۰/۲۶۵ کو واریانس
۱۷	۱۷ N
۱	۰/۳۸۱ همبستگی پیرسون
۰/۱۳۲	معنا داری آماری
۸۷۵۴/۴۳۱	۷۳/۲۸۸ مربع مجزورات
۳۰	۳۰ N

جدول ۶ همبستگی مدت زمان خیرگی چشمی با اختلال نارساخوانی

زمان خیرگی	اختلال	
۰,۴۳۴	۱	همبستگی پیرسون
۰,۰۸۱	۰	معنا داری آماری
۱۷۰۷۱,۲۹۴	۴,۲۳۵	مربع مجذورات
۱۰۶۶,۸۵۶	۰,۲۶۵	کو واریانس
۱۷	۱۷	N
۱	۰,۴۳۴	همبستگی پیرسون
	۰,۰۸۱	معنا داری آماری
۳۶۴۶۱۷۷۰۰	۱۷۰۷۱,۲۹۴	مربع مجذورات
۲۲۷۸۸۶۰۶,۳	۱۰۶۶,۸۵۶	کو واریانس
۳۰	۳۰	N

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط شاخص‌های حرکات چشمی شامل تعداد تثبیت‌های چشمی، حرکات ساکاد و مدت زمان خیرگی با اختلال نارساخوانی انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از طریق دستگاه رصد چشمی و تحلیل‌های آماری، شواهد معناداری را در رابطه با تفاوت این شاخص‌ها بین کودکان نارساخوان و کودکان عادی نشان داد. نخست، نتایج نشان داد که تعداد تثبیت‌های چشمی در کودکان نارساخوان به طور معناداری بیشتر از کودکان عادی بود؛ به‌طوری‌که این گروه در یک بازه اطمینان ۹۵ درصدی، حدود ۵۰ درصد بیشتر دچار تثبیت‌های متعدد در هنگام خواندن شدند. این یافته با ضریب همبستگی ۰,۳۶، از نظر آماری معنادار و قابل توجه ارزیابی شد. این نتیجه با مطالعات پیشین، مانند پژوهش‌های بنفاتو و همکاران (۲۰۱۶) و وایکسدال و همکاران (۲۰۲۱)، که افزایش تثبیت چشمی را به عنوان شاخصی مهم در تشخیص اختلال نارساخوانی مطرح کرده‌اند، هم‌راستاست. در بررسی حرکات ساکاد، نتایج حاکی از آن بود که کودکان نارساخوان به‌طور میانگین ۳۰ درصد بیشتر از هم‌تایان عادی خود دچار جهش‌های چشمی می‌شوند. این یافته در بازه اطمینان ۹۰ درصدی معنادار بود، اما همبستگی به‌دست‌آمده ضعیف ارزیابی شد و به سطح تفاوت آماری قوی نرسید. هرچند این یافته به‌تنهایی از نظر آماری قوی نیست، اما با در نظر گرفتن سایر متغیرها می‌تواند مؤید وجود نوعی اختلال در سازماندهی دیداری-حرکتی در فرایند خواندن کودکان نارساخوان باشد. در مورد مدت زمان خیرگی نیز مشخص شد

که کودکان نارساخوان به طور میانگین ۴۳ درصد بیشتر از گروه کنترل زمان صرف خیرگی به متن می‌کنند. همبستگی حاصل از این شاخص با مقدار ۰,۱۸، ضعیف بود و به سطح معناداری آماری قوی نرسید. این یافته با برخی مطالعات نظیر پژوهش میرطاهری و همکاران (۱۳۹۷) هم‌خوان است که بیان داشته‌اند برخی شاخص‌های چشمی در صورت نبود وظیفه شناختی پیچیده، به تنهایی نمی‌توانند پیش‌بینی‌کننده دقیق اختلال نارساخوانی باشند. در مجموع، نتایج تحلیل همبستگی دو رشته‌ای نقطه‌ای، نشان داد که در مجموع، تعداد تثبیت‌های چشمی شاخصی قوی‌تر و باثبات‌تر در تمایز میان کودکان نارساخوان و عادی است، در حالی‌که حرکات ساکاد و مدت زمان خیرگی، اگرچه دارای روندهایی قابل توجه بودند، اما از نظر آماری به سطح معناداری قوی نرسیدند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده پیچیدگی فرآیندهای شناختی در اختلال نارساخوانی باشد که صرفاً از طریق شاخص‌های ساده چشمی قابل تحلیل نیستند. یافته‌های این پژوهش مؤید آن است که استفاده از فناوری‌های رصد چشمی می‌تواند ابزاری کمکی و نسبتاً دقیق برای غربالگری اولیه اختلال نارساخوانی در دانش‌آموزان باشد، به‌ویژه در مواردی که علائم ظاهری کمتری دارند. در عین حال، لازم است به محدودیت‌هایی مانند حجم نمونه، شرایط اجرای آزمون‌ها، و متغیرهای میانجی مانند توجه و انگیزه نیز توجه شود.

- Leigh, I. (1999). Empirical paper. Inclusive education and personal development. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 4(3), 236–245. <https://doi.org/10.1093/deafed/4.3.236>.
- Martinez-Conde, S., Anderson, E., & Hessels, R. S. (2023). Signal processing techniques for eye movement classification during reading. **Journal of Eye Movement Research*, 16*(2), 1–18. <https://doi.org/10.16910/jemr.16.2023>
- Nilsson Benfatto, M., Öqvist Seimyr, G., Ygge, J., Pansell, T., Rydberg, A., & Jacobson, C. (2016). Screening for dyslexia using eye tracking during reading. *PLOS ONE*, 11(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165508>
- Nuthmann, A. (2014). Fixation durations in scene viewing: Modeling the effects of attentional engagement. **Journal of Vision*, 14*(12), 11. <https://doi.org/10.1167/14.12.11>
- Pynte, J. (2000). Words likely to activate many lexical candidates are granted an advantage: Evidence from within-word eye movements. In *Reading as a perceptual process* (pp. 47–64). North-Holland
- Robertson, E. K., & Gallant, J. E. (2019). Eye tracking reveals subtle spoken sentence comprehension problems in children with dyslexia. *Lingua*, 228, 102708. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2019.102708>
- Mira Taheri Golfam, M., Fathabadi, J., Sharifi, M., & Sadeghi Firouzabadi, V. (2018). *[Comparison of eye movements in children with and without dyslexia in a visual perception task]. **Journal of Empowering Exceptional Children*, 4 (4), 29–40 (in Persian). <https://www.sid.ir>
- Schattka, K. I., Radach, R., & Huber, W. (2010). Eye movement correlates of acquired central dyslexia. *Neuropsychologia*, 48(10), 2959–2973. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.005>
- Snowling, M. J. (2020). *Dyslexia: A Very Short Introduction*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780198818304.001.0001>
- Tooze, L. (2022). Fixation and Blink Eye Movement Behavior in Dyslexic and Non-Dyslexic English Readers. *Open Journal of Social Sciences*, 10(12), 1–14. <https://doi.org/10.4236/jss.2022.1012001>
- Vikesdal, G., Falkenberg, H., Mon-Williams, M., Riddell, P., & Langaas, T. (2021). Normal saccades but decreased fixation stability in a population of children with dyslexia. *SJOVS*, 14(2-Article), 1. <https://doi.org/10.5384/sjovs.vol14i2.137>
- Ward, L. M., & Kapoula, Z. (2020). Differential diagnosis of vergence and saccade disorders in dyslexia. *Scientific Reports*, 10(1), 22116. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79013-7>
- Varma, S. (2019). Modern measurement approaches to point-biserial correlation in educational assessment. **Journal of Educational Measurement*, 56*(3), 567–582. <https://doi.org/10.1111/jedm.12245>

۱. Eye Movement Tracking
2. Eye–mind hypothesis
3. Gaze
4. Saccade

References

- American Psychiatric Association. (2022). **Diagnostic and statistical manual of mental disorders** (5th ed., text rev.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>
- International Dyslexia Association. (2023). **Definition of dyslexia**. <https://dyslexiaida.org/definition-of-dyslexia/>
- Biscaldi, M., Gezeck, S., & Stühr, V. (1998). Poor saccadic control correlates with dyslexia. *Neuropsychologia*, 36(11), 1189–1202. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(97\)00170-x](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(97)00170-x)
- Boraston, Z., & Blakemore, S.-J. (2007). The application of eye-tracking technology in the study of autism. *The Journal of Physiology*, 581(3), 893–898. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.133587>
- Carter, B. L., & Henley, T. B. (2020). Dyslexia and eye tracking: New findings. *Journal of Learning Disabilities*, 53(4), 279–291. <https://doi.org/10.1177/0022219420914555>
- Chen, W., & Anderson, R. (2023). Comparative analysis of correlation methods in dyslexia research. **Journal of Learning Disabilities*, 56*(2), 145–162. <https://doi.org/10.1177/00222194221135467>
- Henderson, J. M., & Ferreira, F. (2022). The eye-mind hypothesis revisited: Twenty-first century evidence. **Psychological Review*, 129 (3), 437–460. <https://doi.org/10.1037/rev0000321> (pp. 441–445)
- Hawelka, S., Gagl, B., & Wimmer, H. (2010). A dual-route perspective on eye movements of dyslexic readers. *Cognition*, 115(3), 367–379. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.11.004>
- Helland, T. (2022). Trends in Dyslexia Research during the Period 1950 to 2020: Theories, Definitions, and Publications. *Brain Sciences*, 12(10), 1323. <https://doi.org/10.3390/brainsci12101323>
- Hooze, I. T., Niehorster, Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., & Hessels, R. S. (2022). Fixation classification: How to merge and select fixation candidates. **Behavior Research Methods*, 54*(6), 2765–2776. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01772-6>
- Hooze, I. T., Niehorster, D. C., Nyström, M., Andersson, R., & Hessels, R. S. (2022). Fixation classification: How to merge and select fixation candidates. *Behavior Research Methods*, 54(6), 2765–2776. <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01793-9>
- Bottom of Form Kirby, P. (2020). Dyslexia debated, then and now: a historical perspective on the dyslexia debate. *Oxford Review of Education*, 46(4), 472–486. <https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1747418>