Advances in Cognitive Sciences
Vol 23, No. 2, Summer 2021
Research Article
Pages 1-15

Visual attention patterns in autism spectrum disorder

Mohammad Kiani[1], Hamidreza Pouretemad[2*], Jamal Amani Rad[3]

1. PhD Candidate in Cognitive Science, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Cognitive Psychology, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Cognitive Modelling, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Recieved: 9 Nov. 2020
Revised: 9 Mar. 2021
Accepted: 9 Apr. 2021

Keywords
Visual attention
Image processing
Eye tracking
Autistic Disorder

Corresponding author
Hamidreza Pouretemad, Professor, Department of Cognitive Psychology, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Email: H-pouretemad@sbu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.23.2.1

Abstract

Introduction: Studies of visual attention in people with autism spectrum disorder often lead to contradictory results. These contradictory results are due to the use of assumptions, consideration of limited properties, and limitation of the type of stimuli. In this study, an attempt has been made to investigate the visual attention patterns of people with autism through a comprehensive study using eye-tracking data analysis, as well as image processing tools and models.

Methods: In this study, the eye-tracking data of 28 subjects with a mean age of eight years (range 5-12 years) were initially processed. Three hundred images of this study were then analyzed, visually segmented, labeled, and categorized based on low-level features (color, intensity, and directions), higher-level features (such as object size), and communication and social features by using models such as Itti Koch Model and image processing tools such as LabelMe. Visual attention patterns among people with autism were assessed using statistical tests.

Results: The obtained results revealed that people with autism pay less attention to parts of the images that include semantic and communicative features. On the contrary, they spend more time on the parts that contain tools and equipment. Besides, they are slower to pay attention to parts of the image that contain social features and instead spend more time paying attention to the background parts of the image that include repetitive patterns. In addition, they spend more time in each fixation in parts that lack semantic or social features.

Conclusion: The present study concluded that the main signs and symptoms of autism spectrum disorder could be observed in the visual attention patterns of people with autism, and these patterns may also be used to design an autism screening tool based on eye-tracking technology.

Citation: Kiani M, Pouretemad H, Amani Rad J. Visual attention patterns in autism spectrum disorder. Advances in Cognitive Sciences. 2021;23(2):1-15.

Extended Abstract

Introduction

Impaired social interaction and communication deficits, as well as the presence of restricted and repetitive behaviors and interests, are known as the main symptoms of autism spectrum disorder that can be seen at early ages. Infants communicate with the environment and others through their eyes. The first information containing social content is transmitted to the infant through his/her eye contact with the eyes and face of the mother and other

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

people. Studies have shown that this phenomenon is the background for the formation, development, and evolution of neural networks and circuits related to social relationships during human development. Some studies have shown significant differences between the eye movement patterns (saccade and fixation pattern) between people with autism and people with typical neural growth patterns. Studies of visual attention in people with autism spectrum disorder often lead to contradictory results. Some studies have found several differences in the visual attention patterns of people with autism compared to Neurotypical individuals, and some have not found any differences between the two groups. These contradictory results are due to the use of assumptions, consideration of limited properties, and limitation of the type of stimuli. In this study, an attempt has been made to investigate the visual attention patterns of people with autism through a comprehensive study by using eye-tracking data analysis, as well as image processing tools and models.

Methods

In this study, the eye-tracking data of 28 subjects with a mean age of 8 years (range 5-12 years) were initially pre-processed. Three hundred images used in this study were then analyzed, segmented, tagged, and categorized based on the low-level features (color, edges, and brightness) and higher-level features such as object size and semantic features. In this study, to decompose the images into low-level features, we used the Itti and Koch model, a model of saliency-based visual attention for a rapid scene, one of the first models presented to model the visual saliency map of human. The images were decomposed based on color, intensity, and directions, and then the visual saliency map for each image was made based on Itti and Koch model. In the second phase of this study, to decompose the images into semantic higher-level features, all the images were segmented, tagged, and categorized using the labeling tool LabelMe, a graphical image annotation tool in Python programming language environment. In this section, all objects in the images, except very small or indistinct objects, were segmented, tagged, and placed in the appropriate category or categories. Other parts of the images in the background or covered a large part of the images with the same and repetitive pattern (sky, wall) were labeled as background. The 300 images used in this research were labeled and categorized by the mentioned method with a total of 4739 objects (human, faces, emotions, animals, tables, cars, buildings). Then, based on statistical analysis methods, such as comparing the means in two independent samples, the differences in visual attention patterns in each group based on each label, category, and layer were examined.

Results

Analysis of processed data showed that, in general, people with autism have less fixations than the control group during the viewing of images. This is consistent with data that has been seen in other visual attention studies of autism. The results of data analysis indicate that people with autism spectrum disorder pay more attention to the central area of the images than people in the control group. This phenomenon can be seen in the number of fixations in central areas and distances to the center of the fixations. Center bias is seen in both groups but significantly higher in people with autism. The Itti and Koch model showed that a model based on low-level features in images could better predict visual attention patterns in the autism group. Order analysis of fixations shows a significant difference between the first fixations occurs in one of the points, which includes a social label between people with autism and the control group. In other words, people with autism are slower to pay visual attention to the social aspects of images. Data analysis of higher-level features in images shows that people with autism pay

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

less attention to parts of the images that include semantic and communicative features. On the contrary, they spend more time on the parts that contain tools and equipment, which is similar to the interests and hobbies of children with autism. People with autism are also slower to pay attention to parts of the image that contain social features and instead spend more time paying attention to the background parts of the images, which include repetitive patterns or uniform colors. In addition, they spend more time in each fixation in parts that lack semantic or social features.

Conclusion

The present study's results show that the main signs and symptoms of autism spectrum disorder, impaired social interaction and communication deficits, as well as the presence of restricted and repetitive behaviors and interests can be observed in the visual attention patterns of people with autism. These patterns can pave a new way for further research and studies in cognitive neuroscience. By recognizing the parts or circuits in the brain that lead to such visual patterns, we can get a better view of how these parts or circuits of the brain work in the brain of people with autism. These patterns can also be used to design a low-cost and fast autism screening tool based on eye-tracking technology. Developing computational models based on these visual patterns makes it possible to invent fast and low-cost autism screening methods based on eye-tracking tools. Finding a small number of optimized images and create an image dataset as stimuli, rather than a dataset with a large number of images, which leads to the observation of these patterns in a group of people with autism, is vital because it can produce a rapid autism spectrum disorder screening tool, and can be considered as future studies.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present study consisted of data analysis, and it was approved by Institute for Cognitive Science Studies board.

Authors' contributions

Mohammad Kiani and Hamidreza Pouretemad: Conceived the presented idea and designed the experiments, Mohammad Kiani and Jamal Amani Rad: Designed the model and the computational framework, Mohammad Kiani: Carried out the implementation and performed the calculations.

Funding

This study was funded by personal funds.

Acknowledgments

We would like to thank all the people who contributed to this study, as well as the Tehran Institute for Cognitive Science Studies and Institute for Cognitive and Brain Sciences of Shahid Beheshti University, for leading this research.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۱۵-۱
مقاله پژوهشی

الگوهای توجه بصری در اختلال طیف اتیسم

محمد کیانی[۱]، حمیدرضا پوراعتماد[۲*]، جمال امانی راد[۳]

۱. دانشجوی دکتری علوم شناختی، پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران
۲. استاد، گروه روان‌شناسی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه مدل‌سازی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹
اصلاح نهایی: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۰

واژه‌های کلیدی
توجه بصری
پردازش تصویر
ردیابی چشم
اختلال اتیسم

نویسنده مسئول
حمیدرضا پوراعتماد، استاد، گروه روان‌شناسی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

ایمیل: H-pouretemad@sbu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.23.2.1

چکیده

مقدمه: مطالعات در زمینه توجه بصری در افراد اتیستیک به دلیل اعمال پیش‌فرض‌ها، بررسی محدود ویژگی‌ها و ایجاد محدودیت در نوع محرک‌ها معمولا به نتایج متناقضی منجر می‌شود. در این مطالعه سعی شده است تا با یک بررسی همه‌جانبه، استفاده از داده‌های ردیابی چشم و همچنین با بهره‌گیری از ابزار پردازش تصویر، الگوهای موجود در توجه بصری افراد اتیستیک مورد بررسی قرار گیرند.

روش کار: در این مطالعه داده‌های ردیابی چشم ۲۸ آزمودنی با استفاده از مدل‌ها و ابزار پردازش تصاویر همچون مدل ایتی و کخ و لیبلمی بررسی شد. تصاویر مورد مطالعه بر اساس ویژگی‌های سطح پایین (رنگ، شدت و جهات)، ویژگی‌های سطح بالاتر همچون اندازه اشیاء و ویژگی‌های ارتباطی و اجتماعی تجزیه، بخش‌بندی، برچسب‌گذاری و دسته‌بندی شدند. همچنین الگوهای توجه بصری میان گروه افراد اتیستیک و کنترل مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد افراد اتیستیک نسبت به گروه کنترل توجه کمتری به بخش‌هایی از تصاویر که شامل ویژگی‌های معنایی و ارتباطی است نشان می‌دهند و در مقابل زمان بیشتری را در توجه به بخش‌هایی که شامل ابزار و وسایل است صرف می‌کنند. این افراد در توجه به بخش‌هایی از تصاویر که شامل مضامین اجتماعی است کندتر عمل می‌کنند. به علاوه در بخش‌هایی که فاقد ویژگی‌های معنایی یا اجتماعی است زمان بیشتری را در هر فیکسیشن صرف می‌کنند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد می‌توان علائم و نشانه‌های اصلی اختلال طیف اتیسم را در الگوهای توجه بصری افراد دارای اتیسم مشاهده کرد و احتمالا بتوان از این الگوها برای طراحی فناوری‌های غربال‌گری اتیسم بر پایه ابزار ردیابی چشم بهره برد.

مقدمه

اختلال طیف اتیسم (Autism Spectrum Disorder) یک اختلال رشد عصبی فراگیر است که با اختلال در روابط اجتماعی، ناتوانی یا اختلال در برقراری ارتباط و فعالیت‌ها، علایق و رفتارهای محدود با الگوهای تکراری مشخص می‌شود (۱). طبق آخرین گزارش مرکز کنترل و پیشگیری بیماری ایالات متحده آمریکا ((CDC) and Preventation The Centers of Disease Control) در سال ۲۰۲۰ که بر پایه تحلیل داده‌های سال ۲۰۱۶ تکمیل شده است از هر ۵۴ نفر ۱ نفر با اختلال طیف اتیسم شناخته می‌شود. که این مقدار نسبت به گزارش قبلی همین سازمان در سال ۲۰۰۲ (۱ در هر ۱۵۰ نفر) رشد چشم‌گیری داشته است (۵-۲). اختلال در روابط اجتماعی به عنوان ویژگی اصلی این اختلال شناخته می‌شود (۶). علائم این اختلال از سنین بسیار کم به صورت رفتاری قابل مشاهده است (۶) و پیش

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

از آن نیز نشانه‌های آن به وسیله آزمایش‌های مبتنی بر ردیابی چشم (Eye tracking) از ۶ ماهگی قابل مشاهده است (۷).

انسان از دوران نوزادی از طریق چشم‌ها با محیط و دیگران ارتباط برقرار می‌کند. اولین اطلاعات حاوی محتوی اجتماعی (Social content) از طریق برقراری تماس چشمی نوزاد با چشم‌ها و صورت مادر و دیگران به نوزاد انتقال پیدا می‌کند. مطالعات نشان داده است که همین موضوع زمینه شکل‌گیری، توسعه و تکامل شبکه‌ها و مدارهای عصبی مرتبط با روابط اجتماعی در طول رشد خواهد بود (۸). از طرف دیگر مطالعات فراوانی، که در ادامه به برخی از آنها اشاره خواهد شد، نشان داده‌اند که تفاوت‌های بارزی میان الگوی فعالیت چشم (الگوی ساکاد (Saccade) و فیکسیشن (Fixation) در میان افراد دارای اتیسم و افراد با رشد عصب طبیعی (Neurotypical) وجود دارد (۱۲-۹).

اختلال در پردازش تصاویر، اختلال در درک هیجانات و احساسات، اختلال در عملکرد صحیح نظریه ذهن (Theory of Mind) (توانایی در درک وضعیت ذهنی دیگران همچون نیات، امیال، احساسات و...) در دیگران (۱۶-۱۳)، اختلال یا دشواری در برقراری تماس چشمی با دیگران (۱۹-۱۷)، اختلال در پردازش چهره، اختلال در درک احساسات و عملکرد نادرست مرتبط با آن (۲۳-۲۰) از جمله مشکلات و اختلالات مرتبط با اختلال طیف اتیسم است که در همه آنها الگوهای توجه بصری و پردازش محتوای بصری در آن دخیل است.

نتایج مطالعات فراوان حاکی از تفاوت معنادار این الگوها در افراد دارای اتیسم در مقایسه با افراد فاقد این اختلال است. مطالعات نشان داده که افراد اتیستیک توجه کمتری به صورت و دیگر محرک‌های اجتماعی همچون ژست دست‌ها دارند (۲۷-۲۴). افراد اتیستیک در آزمون جستجو در هنگام مشاهده تصاویر، جستجو کمتری را در نواحی معنایی تصاویر انجام می‌دهند (۲۸). همچنین این افراد به صورت و چشم‌ها توجه کمتری نشان می‌دهند (۲۹، ۳۰) و در طرف مقابل توجه بیشتری به دهان نشان می‌دهند (۳۱).

با این حال نتایج تمام مطالعات یکسان نیست و تناقضات فراوانی در پژوهش‌های متعددی که در زمینه توجه بصری افراد اتیستیک به انجام رسیده‌اند مشاهده می‌شود. در بسیاری از مطالعات حوزه توجه بصری در اختلال طیف اتیسم نتایج با نتایج مطالعات پیشین سازگاری ندارد و به نظر می‌رسد با تغییر شرایط و نوع محرک‌ها نتایج از آزمون تا آزمون دیگری متغیر است. به عنوان مثال بر خلاف مطالعات ذکر شده در بخش‌های قبل Norbury و همکاران در پژوهش خود تفاوت معناداری میان الگوی حرکات چشم افراد اتیستیک و گروه کنترل مشاهده نکرده‌اند (۳۲)، Leung و همکاران در مطالعه دیگری در آزمون‌های تشخیص احساسات از روی تصاویر و آزمون جستجوی بصری تفاوتی میان تعداد فیکسیشن‌ها مشاهده نکرده‌اند و یا Evers و همکاران میان تعداد فیکسیشن‌ها، دامنه ساکادها و همچنین مدت زمان فیکسیشن‌ها در بخش‌های مختلف تصاویر در میان دو گروه افراد اتیستیک و گروه کنترل تفاوتی نیافته‌اند (۳۳).

بر خلاف مطالعات پیش‌تر ذکر شدند Meek young و همکاران تفاوتی میان تعداد فیکسیشن‌ها در توجه به تصاویر حاوی چشم‌ها در گروه کودکان اتیستیک و گروه کنترل مشاهده نکرده‌اند، اما در مطالعه آنها فیکسیشن‌ها در توجه به تصاویر صورت در گروه دارای اتیسم نسبت به گروه کنترل کمتر بوده است (۳۴). با این حال Reisinger و همکاران در مطالعه‌ای دیگر تفاوت معناداری میان تعداد فیکسیشن‌ها در توجه به چشم‌ها میان گروه افراد دارای اتیسم و گروه کنترل مشاهده کردند. در مطالعه آنها تعداد فیکسیشن‌ها در توجه به نواحی چشم‌ها، فارغ از هیجاناتی که به تصویر می‌کشیدند، در گروه دارای اتیسم کمتر از گروه کنترل بود (۳۵).

تناقضاتی که در نتایج مطالعات ذکر شده مشاهده می‌گردد به نظر می‌رسد ناشی از بررسی موردی و محدود ویژگی‌ها در مطالعه الگوهای توجه بصری باشد. چیزی که قریب به اتفاق پژوهش‌های پیشین فاقد آن هستند یک بررسی همه جانبه از ویژگی‌هایی است که سبب تغییر الگوی نقشه برجسته بصری (Saliency Map) در توجه بصری افراد اتیستیک شده است. اکثر این پژوهش‌ها همان‌طور که در بخش قبل مرور شد صرفا به بررسی یک یا چند ویژگی محدود در تصاویر در الگوی نقشه برجسته بصری توجه در افراد با اختلال اتیسم پرداخته‌اند. مطالعات نشان داده است که بررسی موردی ویژگی‌ها و ایجاد محدودیت در نوع محرک‌ها در این‌گونه پژوهش‌ها به مشاهده نتایج متناقض منجر می‌شود (۳۳، ۳۶).

با توجه به مطالب ذکر شده هدف پژوهش حاضر بررسی همه جانبه و چند لایه الگوی نقشه برجسته بصری توجه در اختلال طیف اتیسم خواهد بود. در این پژوهش سعی شده است ویژگی‌های متنوع تصاویر در چند سطح و در یک مجموعه محرک از تصاویر طبیعی به طور همزمان مورد بررسی قرار گیرد. در این روش ویژگی‌های بصری تصاویر در چند سطح مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این مطالعه ویژگی‌های سطح پایین (Low-level features) در تصاویر، ویژگی‌های سطح میانی (Mid-level features) و همچنین ویژگی‌های سطح بالا (High-level features) همچون ویژگی‌های معنایی (Semantic features) و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و الگویی چند سطحی از توجه بصری در اختلال طیف اتیسم ارائه شده است.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

روش کار

محرک‌ها و داده‌ها

در این پژوهش از تصاویر پایگاه داده مطالعه Duan و همکاران بهره گرفته شده است (۳۷). پایگاه داده مشتمل بر ۳۰۰ تصویر با موضوعات حیوانات، ساختمان‌ها و اشیاء، صحنه‌های طبیعی، یک فرد در صحنه، چند فرد در یک صحنه، و چند شیء در صحنه است. استفاده از تصاویری با موضوعات مختلف به ویژه اشیاء، انسان‌ها، صحنه‌های طبیعی و تصاویر شامل روابط اجتماعی در مطالعات متعددی با موضوع بررسی نقشه برجسته بصری در افراد مورد تاکید قرار گرفته است (۳۳).

معیارهای ورود و خروج

در این پژوهش از داده‌های ردیابی چشم (Eye tracking) ۱۴ کودک دارای اتیسم با عملکرد بالا (High-Function Autism) (با معیارهای تشخیصی اتیسم بر طبق راهنمای تشخیصی و آماری اختلال‌های روانی نسخه ۴ (۳۸)) و ۱۴ کودک نروتیپیکال در حالی که تصاویر ذکر شده را مشاهده می‌کردند استفاده شده است. رده سنی آزمودنی‌ها بین ۵ تا ۱۲ سال و میانگین سنی ایشان ۸ سال است، دو گروه از نظر جنسیت و سطح تحصیلات همسازن‌سازی شده‌اند و همه آنها دید طبیعی یا اصلاح شده به حد طبیعی (Correct-to-normal) داشتند (۳۷).

رده سنی سن مدرسه (School age) از این جهت حائز اهمیت است که انتظار می‌رود کودکان در این سن برخی از توانایی‌های بصری مهم همچون ردیابی چشم (توانایی نگه داشتن چشم روی هدف ثابت یا متحرک)، دید دو چشمی (توانایی حرکت هماهنگ دو چشم، استنباط عمق و فاصله)، ادراک بصری، بازشناسی، درک و نگهداری (نگهداری و به خاطر آوردن جزئیات آن چه دیده‌اند) و توانایی تشخیص حروف و جهت آنها را توسعه داده باشند. از طرف دیگر با توجه به این موضوع که توانایی‌های شناختی از اواخر جوانی شروع به زوال خواهند گذاشت (۳۹). انتخاب رده سنی مدرسه در این پژوهش حائز اهمیت بود.

از آنجایی که تصاویر مورد استفاده در این پژوهش شامل لایه‌های معنایی، هیجانی و اجتماعی بودند نیاز است که افراد دارای اتیسم همچون افراد غیر اتیستیک در این پژوهش با محیط تعامل کامل داشته باشند، به همین جهت هوش با عملکرد بالا در افراد مورد مطالعه حائز اهمیت بود. افراد مورد مطالعه در هر دو گروه حدت بینایی طبیعی و یا اصلاح شده به حد طبیعی داشته‌اند. دو گروه آزمایش و کنترل از نظر هوش‌بهر، جنسیت، سن و میزان تحصیلات همتاسازی شده و تفاوت معناداری از نظر ملاک‌های بیان شده نداشته‌اند.

از آنجایی که برخی از کودکان اتیستیک در صبر و توجه به صفحه نمایش مشکل دارند ۶ کودک از ۲۰ کودک دارای اتیسم به دلیل این که مراحل کالیبریشن را به درستی به پایان نرسانده بودند از مطالعه حذف شده‌اند و داده‌های ثبت شده ایشان در تحلیل داده‌ها استفاده نشده است (۳۷). به علاوه داده‌های پرت در فرایند تحلیل داده‌ها در این مطالعه حذف شدند.

نمونه‌برداری

برای رفع مشکل عدم تحمل و تمرکز کودکان دارای اتیستیک برای شرکت در آزمون به صورت طولانی مدت تصاویر مورد مطالعه در این پژوهش در ۱۰ بخش کوتاه مدت، هر بخش شامل ۳۰ تصویر، ثبت شده است. همچنین برای اطمینان از صحت داده‌ها در ابتدای هر بخش کالیبریشن انجام شده است و از هر دو گروه کودکانی که مراحل کالیبریشن را به درستی انجام نداده‌اند از مطالعه حذف شده‌اند. داده‌ها با یک صفحه نمایش ۱۷ اینچ با رزولوشن ۱۲۸۰ در ۱۰۲۴ و یک دستگاه Tobii T120 با نرخ نمونه‌برداری ۱۲۰ هرتز نمایش و برداشت شده است. تصاویر در ۱۰ بخش به کودکان نمایش داده شده و در ابتدای هر بخش عملیات کالیبریشن انجام شده است. هر بخش شامل ۳۰ تصویر است و هر تصویر به مدت ۳ ثانیه همراه با یک صفحه خاکستری رنگ به عنوان ماسک به مدت ۱ ثانیه به هر آزمودنی نمایش داده شده است (۳۷).

بخش‌بندی تصاویر و برچسب‌زنی اشیاء

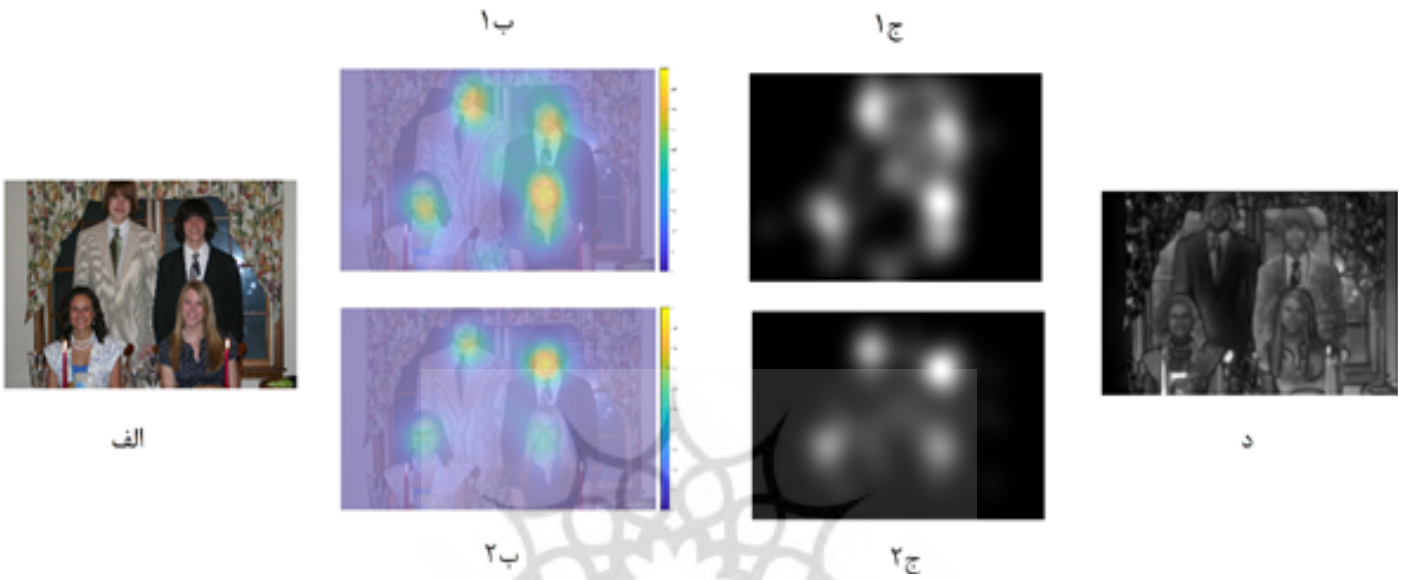
به منظور پردازش داده‌ها تصاویر مورد استفاده در این پژوهش بر اساس ویژگی‌های سطح پایین (رنگ، لبه تصاویر، روشنایی و...)، ویژگی‌های سطح بالاتر همچون اندازه اشیاء و ویژگی‌های معنایی (Semantic features) تجزیه، بخش‌بندی، برچسب‌گذاری و دسته‌بندی شدند. در ادامه بر اساس روش‌های تحلیل آماری، همچون آزمون مقایسه میانگین دو جامعه مستقل، تفاوت‌های الگوهای توجه بصری در هریک از گروه‌ها بر اساس آن دسته یا برچسب مورد توجه و بررسی قرار گرفت.

در این مطالعه برای تجزیه تصاویر به ویژگی‌های سطح پایین، با استفاده از مدل ایتی و کخ، که از اولین مدل‌های ارائه شده برای مدل‌سازی نقشه برجسته بصری توجه است (۴۰، ۴۱)، تصاویر بر اساس رنگ، شدت (Intensity) و جهات (Orientations) تجزیه شدند و سپس مدل نقشه برجسته بصری توجه بر اساس این مدل برای هریک از تصاویر ساخته شد، نمونه این تجزیه در تصویر ۱ آورده شده است.

همچنین در این مطالعه به منظور تجزیه تصاویر به ویژگی‌های سطح بالاتر، تمامی تصاویر با بهره‌گیری از ابزار لیبل می (LabelMe) (۴۲) در محیط زبان برنامه‌نویسی پایتون (Python)، بخش‌بندی (Segmentation)،

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

برچسب‌گذاری (Labeling) و دسته‌بندی (Categorization) شدند. در این بخش تمامی اشیاء موجود در تصاویر، به جز اشیاء بسیار کوچک یا نامشخص، بخش‌بندی و برچسب گذاری شدند و در دسته یا دسته‌های مناسب قرار گرفتند. دیگر بخش‌های تصویر که در پس زمینه اشیاء بودند و یا بخش بزرگی از تصاویر را با الگویی یکسان و تکراری پوشانده بودند (آسمان، دیوار و...) به عنوان پس‌زمینه برچسب داده شدند. ۳۰۰ تصویر مورد استفاده در این پژوهش با روش ذکر شده در مجموع با ۴۷۳۹ شیء (چهره، انسان، حیوان، میز، اتوموبیل، ساختمان و...) برچسب‌گذاری و دسته بندی شدند. در تصویر ۲ دو نمونه از تصاویر، پردازش و تجزیه و همچنین برچسب‌های آن آورده شده است.



تصویر ۱. الف- یکی از تصاویر پایگاه داده. ب-۱ نقشه‌رنگی الگوی مشاهده همان تصویر حاصل از داده‌های ردیابی چشم گروه اتیسم. ب-۲ نقشه رنگی الگوی مشاهده همان تصویر حاصل از داده‌های ردیابی چشم گروه کنترل. ج۱: نقشه برجسته بصری همان تصویر برای گروه دارای اتیسم. ج۲: نقشه برجسته بصری همان تصویر برای گروه کنترل. د: نقشه برجسته بصری حاصل از مدل ایتی و کخ. شباهت میان نقشه برجسته بصری گروه اتیسم و نقشه برجسته بصری تولید شده از مدل ایتی و کخ قابل مشاهده است.

یافته‌ها

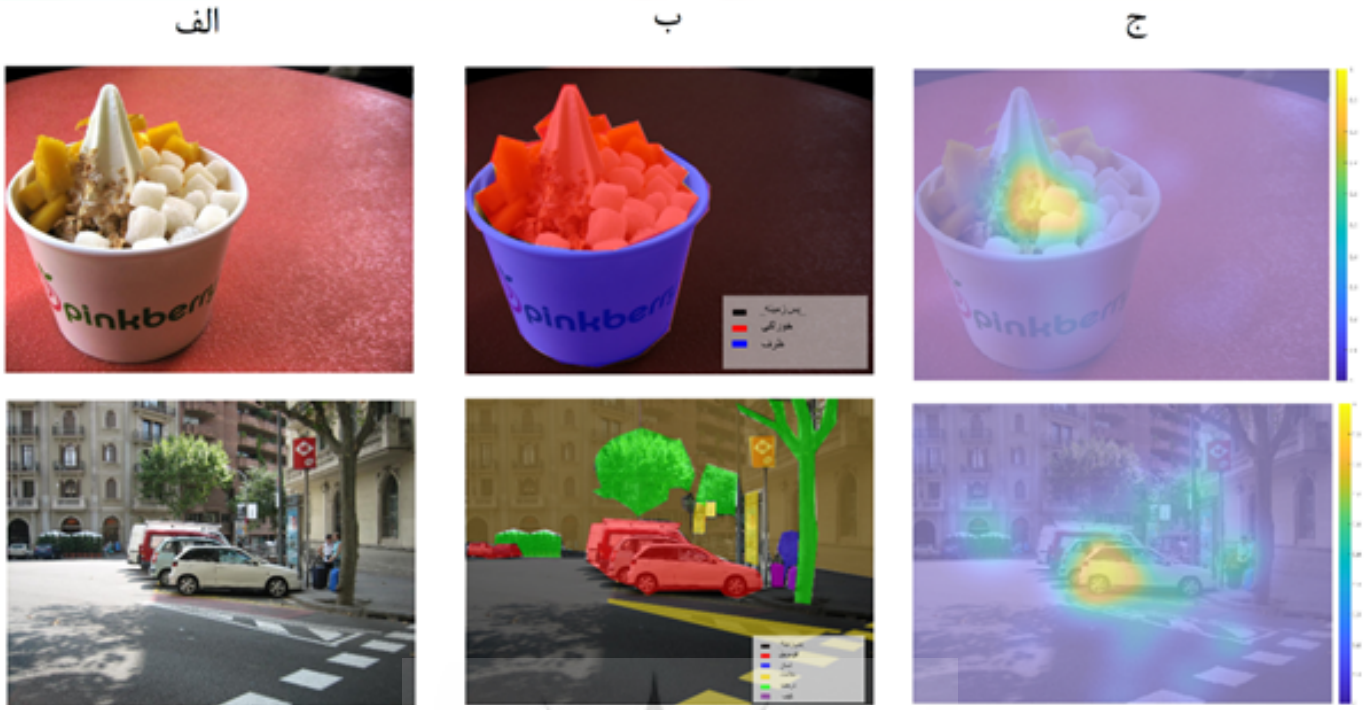
تحلیل داده‌های حاصل از پردازش داده‌ها نشان می‌دهد که به طور کلی در بازه زمانی مشاهده تصاویر افراد اتیستیک تعداد فیکسیشن کمتری نسبت به گروه کنترل داشته‌اند (اتیسم: ۱/۰۸±۷/۵۱، کنترل ۰/۶۰±۸/۹۸، t(۲۶)=-۴/۴۲۵، P<۰/۰۱). این پدیده در مطالعات قبلی نیز مشاهده شده است.

نتایج تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که افراد اتیستیک بیشتر از افراد گروه کنترل به ناحیه مرکزی تصاویر توجه می‌کنند. سوگیری مرکز در هر دو گروه دیده می‌شود اما به طور مشخص این سوگیری در افراد دارای اتیسم بسیار بیشتر است. تعداد فیکسیشن‌ها در مرکز نسبت به گروه کنترل اختلاف فراوانی دارد (اتیسم: ۲۵/۲۲±۳۰۸/۵۰، کنترل: ۳۵/۵۸±۱۷۵/۱۴، t(۲۶)=۱۱/۴۳۹، P<۰/۰۱). همچنین فاصله فیکسیشن‌ها تا مرکز تصویر کمتر است (اتیسم: ۵/۲۸±۵۴، کنترل: ۵/۷۵±۴۲، t(۲۶)=-۲/۴۹، P<۰/۰۵). این موضوع با نتایج پژوهش‌های پیشین که نشان داده‌اند افراد دارای اتیسم نسبت به گروه کنترل تعداد فیکسیشن بیشتری در ناحیه مرکز تصاویر دارند همخوانی دارد (۲۸، ۴۳).

مدل ایتی و کخ بر اساس ویژگی‌های سطح پایین در تصاویر شامل رنگ، جهات و شدت نقشه برجسته توجه بصری را تولید می‌کند. در این مطالعه اجرای این مدل بر روی داده‌های گروه افراد دارای اتیسم و گروه کنترل و مقایسه عملکرد مدل نشان داد که مدلی که بر پایه ویژگی‌های سطح پایین در تصاویر ساخته شده باشد داده‌های گروه افراد دارای اتیسم را بهتر پیش‌بینی می‌کند (اتیسم: ۰/۷۳، کنترل: ۰/۶۹ بر اساس معیار AUC-Judd (۴۴)).

حذف بخش‌های پیش زمینه (Foreground) (اشیا، ساختمان‌ها، صورت، افراد، حیوانات و...) و تحلیل فیکسشن‌ها در بخش‌های پس زمینه (Background) تصاویر نشان می‌دهد که افراد اتیستیک نسبت به گروه کنترل تعداد فیکسیشن بیشتری را در بخش‌های پس‌زمینه تصاویر دارند (اتیسم: ۰/۰۲۵±۰/۲۳، کنترل: ۰/۰۲۹±۰/۱۹، t(۲۶)=۳/۰۹۱، P<۰/۰۱). همچنین افراد دارای اتیسم در بخش‌های زمینه تصاویر در هر فیکسیشن مدت بیشتری را در مقایسه با گروه کنترل صرف می‌کنند (اتیسم: ۷۱/۳۴±۲۴۹/۶۴، کنترل: ۱۰/۰۳±۲۰۴/۹۸، t(۲۶)=۲/۲۷۸، P<۰/۰۵) (تصویر ۳).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



تصویر ۲. الف- دو تصویر از پایگاه داده. ب- بخش‌بندی و برچسب‌زنی همان تصاویر در این پژوهش. برای تصویر بالا زمینه با رنگ سیاه، خوراکی با رنگ قرمز و ظرف با رنگ آبی مشخص شده است. در تصویر پایین زمینه با رنگ مشکی، علامت‌ها با رنگ زرد، درختان با رنگ سبز، افراد با رنگ آبی، اتومبیل‌ها با رنگ قرمز و افراد با رنگ آبی مشخص شده‌اند. ج- نقشه رنگی الگوی مشاهده همان تصاویر حاصل از داده‌های ردیابی چشم گروه اتیسم.

تصویر ۳. مقایسه میزان نسبت فیکسیشن‌ها در دو گروه افراد با اختلال طیف اتیسم و گروه کنترل. میزان P برای هر سه مقایسه کوچکتر از ۰/۰۱ است (P<۰/۰۱).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

جدول ۱. خلاصه نتایج مقایسه دو گروه اتیسم و کنترل در سطوح مختلف

سطح ویژگی‌ها	متغیرها	گروه	میانگین	انحراف معیار
ویژگی‌های سطح پایین	تعداد فیکسیشن‌ها	اتیسم	۷/۵۱	۱/۰۸
		کنترل	۸/۹۸	۰/۶۰
	سوگیری مرکز (تعداد فیکسیشن‌ها در ناحیه مرکز)	اتیسم	۳۰۸/۵	۲۵/۲۲
		کنترل	۱۷۵/۱۴	۳۵/۵۸
	سوگیری مرکز (فاصله از مرکز)	اتیسم	۵۴	۵/۲۸
		کنترل	۴۲	۵/۷۵
	AUC-Judd	اتیسم	۰/۷۳	-
		کنترل	۰/۶۹	-
ویژگی‌های سطح میانی	تعداد فیکسیشن‌ها در پس زمینه	اتیسم	۰/۲۳	۰/۰۲۵
		کنترل	۰/۱۹	۰/۰۲۹
	مدت زمان فیکسیشن‌ها در زمینه	اتیسم	۲۴۹/۷۱	۶۴/۳۴
		کنترل	۲۰۴/۳۵	۱۰/۰۳
	مدت زمان فیکسیشن‌ها در بخش‌هایی از تصاویر که جنبه معنایی ندارند	اتیسم	۲۷۰/۲۱	۷۷/۸۴
		کنترل	۲۱۱/۴۲	۴۶/۸۴
ویژگی‌های سطح بالا	مدت زمان تا اولین فیکسیشن در یکی از بخش‌های اجتماعی تصاویر	اتیسم	۵۸۹/۶۴	۹۵/۹۸
		کنترل	۴۹۳/۴۲	۴۶/۳۶
	تعداد فیکسیشن‌ها در بخش‌های معنایی	اتیسم	۰/۶۰	۰/۰۱۳
		کنترل	۰/۶۹	۰/۰۱۴
	زمان فیکسیشن‌ها در دسته ابزار و وسایل (مرتبط با علاقه‌مندی‌های محدود کودکان دارای اتیسم)	اتیسم	۳۱۸/۴۲	۵۲/۲۴
		کنترل	۲۳۶/۸۵	۳۳/۹۲

تحلیل داده‌ها در بخش ویژگی‌های میانی، شامل ابزار، وسایل، اشیاء و... که جنبه معنایی یا اجتماعی ندارند، نشان می‌دهد که افراد اتیستیک در هر فیکسیشن زمان بیشتری را صرف توجه به بخش‌هایی از تصاویر که شامل این ویژگی‌ها است می‌کنند (اتیسم: ۲۷۰/۲۱±۷۷/۸۴ ms، کنترل: ۲۱۱/۴۲±۴۶/۸۴ ms، t(۲۶)=۲/۴۲، P<۰/۰۵).

تحلیل زمانی فیکسیشن‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معناداری میان مدت زمان طی شده تا وقوع اولین فیکسیشن (بر اساس فیکسیشن‌های پیشین) در یکی از نقاطی که در دسته برچسب‌های اجتماعی قرار گرفته‌اند میان افراد اتیستیک و گروه کنترل وجود دارد (اتیسم: ۵۹۸/۹۵±۶۴/۹۸ ms، کنترل: ۴۹۳/۴۶±۴۲/۳۶ ms، t(۲۶)=۳/۳۷۷، P<۰/۰۱)، به بیان دیگر افراد اتیستیک در فیکسیشن به جنبه‌های اجتماعی تصاویر کندتر عمل می‌کنند. از طرف دیگر تحلیل داده‌های ویژگی‌های سطح بالا نشان می‌دهد که این افراد نسبت به گروه کنترل فیکسشن کمتری را در بخش‌هایی از تصاویر که شامل ویژگی‌های معنایی است نشان می‌دهند (اتیسم: ۰/۰±۶۰/۰۱۳ ms، کنترل: ۰/۰±۶۹/۰۱۴ ms، t(۲۶)=-۱۵/۹۳۶، P<۰/۰۱).

تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که افراد اتیستیک در هر فیکسیشن زمان بیشتری را در بخش‌هایی از تصاویر که در دسته ابزار و وسایل قرار

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

گرفته‌اند صرف می‌کنند (اتیسم: ms ۴۲/۲۴±۳۱۸/۵۲، کنترل: ms ۸۵/۹۲±۲۳۶/۳۳، $t(۲۶)=۴/۹۰$، $P<۰/۰۱$). این موضوع مشابه مشاهده تمایل افراطی افراد دارای اتیسم به برخی اشیاء و وسایل است (۶، ۲۴، ۴۵). خلاصه نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

بحث

این پژوهش با هدف بررسی همه‌جانبه و چندلایه نقشه توجه بصری در افراد اتیستیک انجام شد. در نظر گرفتن یک یا چند ویژگی محدود به منظور بررسی الگوی نقشه برجسته بصری توجه در افراد با طیف اختلال اتیسم، چیزی که در اغلب پژوهش‌های پیشین نیز مشاهده می‌شود، همراه با بررسی موردی ویژگی‌ها و ایجاد محدودیت در نوع محرک‌ها است و معمولا به مشاهده نتایج متناقض منجر می‌شود و همچنین دید درستی از الگوی توجه بصری به دست نخواهد داد.

این مطالعه شامل یک بررسی چند لایه، بدون پیش فرض و همراه با تصاویری از موضوعات متنوع بود و نشان داد تفاوت‌هایی را در هر سه سطح از ویژگی‌ها می‌توان مشاهده کرد.

در ویژگی‌های سطح پایین اختلاف معناداری در تعداد و زمان فیکسیشن‌ها میان گروه افراد اتیستیک و گروه کنترل مشاهده شد. تعداد فیکسیشن‌ها و مجموع زمان فیکسیشن‌ها در مجموع در گروه اتیسم کمتر بود. به علاوه الگوی توجه بصری افراد اتیستیک میزان شباهت بیشتری به مدل ایتی و کخ نشان داد، همچنین مشاهده شد که این افراد سوگیری مرکز بیشتری نسبت به گروه کنترل دارند. تعداد فیکسیشن‌ها در ناحیه مرکزی در این گروه بیشتر و همچنین مجموع فاصله فیکسیشن‌ها تا مرکز در گروه افراد اتیستیک کمتر بود.

در ویژگی‌های سطح میانی اختلاف معناداری در تعداد و زمان فیکسیشن‌ها در پس‌زمینه تصاویر میان گروه افراد دارای اتیسم و گروه کنترل مشاهده شد، تعداد فیکسیشن‌ها در ناحیه پس‌زمینه تصاویر در گروه اتیسم بیشتر بود و همچنین مشاهده شد که افراد دارای اتیسم در بخش‌های پس‌زمینه تصاویر در هر فیکسیشن مدت بیشتری را در مقایسه با گروه کنترل صرف می‌کنند. در بخش‌هایی از تصاویر که در مجموعه ابزار، اشیاء و وسایل دسته‌بندی شده بود اختلاف معناداری در مدت زمان فیکسیشن‌ها مشاهده شد. افراد اتیستیک زمان بیشتری را در هر فیکسیشن در این بخش‌ها صرف می‌کردند. به علاوه مشاهده شد که این گروه در بخش‌هایی از تصاویر که در مجموعه اشیاء و ابزار مورد علاقه افراد دارای اتیسم دسته‌بندی می‌شوند مدت زمان بیشتری را در هر فیکسیشن صرف می‌کنند.

در لایه ویژگی‌های سطح بالا اختلاف معناداری در تعداد فیکسیشن‌ها در بخش‌هایی از تصاویر که در دسته ویژگی‌های معنایی (همچون متن، تابلو، علامات و...) و اجتماعی (همچون سر، صورت، چشم، ارتباط، هیجانات و...) قرار گرفته بودند مشاهده شد. تعداد فیکسیشن‌ها در این دسته در گروه افراد اتیستیک کمتر بود. بعلاوه مشاهده شد که این افراد در توجه به بخش‌هایی از تصاویر که در دسته معنایی یا اجتماعی قرار گرفته‌اند کندتر عمل می‌کنند.

صرف زمان بیشتر در هر فیکسیشن که در گروه اتیسم این پژوهش مشاهده شد می‌تواند با پردازش کند اطلاعات (Slow processing information) که عموما در افراد اتیستیک گزارش می‌شود (۴۶) مرتبط باشد. مطالعات نشان داده است که اختلال در سرعت پردازش اطلاعات در افراد دارای اتیسم با مشکلات مربوط به مهارت‌های اجتماعی و ارتباطی این افراد مرتبط است (۴۶، ۴۷). در این پژوهش علاوه بر صرف زمان بیشتر در هر فیکسیشن، تاخیر قابل توجهی تا اولین فیکسیشن در بخش‌های اجتماعی تصاویر در گروه دارای اتیسم مشاهده شد که تاییدکننده همین شواهد است که مشکلات ارتباطی و مشکلات مربوط به مهارت‌های اجتماعی در اختلال طیف اتیسم می‌تواند مرتبط با الگوهای مختل شده توجه باشد. از طرف دیگر مطالعات نشان داده است که با روش‌های توانبخشی شناختی مبتنی بر پردازش اطلاعات همچون (Cognitive enhancement therapy) (۴۸) می‌توان برخی از مهارت‌های اجتماعی در افراد دارای اتیسم را بهبود بخشید. بنابراین به نظر می‌رسد بتوان با طراحی روش‌های توان‌بخشی شناختی مبتنی بر بهبود الگوهای توجه بصری مهارت‌های اجتماعی در افراد دارای اتیسم را بهبود بخشید. موفقیت برخی از ابزارهای اخیر توان‌بخشی مبتنی بر فناوری‌های واقعیت مجازی (Virtual Reality) یا واقعیت افزوده (Augmented Reality) در توان‌بخشی و بهبود برخی از اختلالات و مشکلات مرتبط با مبتلایان اتیسم (۴۹، ۵۰) نیز موید همین موضوع است که احتمالا بتوان با بهبود الگوهای توجه بصری در افراد دارای اتیسم، مهارت‌های ارتباطی و اجتماعی را بهبود بخشید.

مطالعات متعددی نشان داده است که می‌توان با روش‌های تحریک مکرر مغناطیسی مغز (Stimulation Repetitive Transcranial Magnetic) در ناحیه قشر خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی (Cortex Dorsolateral Prefrontal) عملکرد کندی پردازش اطلاعات در توجه بصری را بهبود بخشید. به علاوه برخی از مطالعات نشان داده است که بر خلاف تصور قبلی در مورد نقش ناحیه قشر خلفی‌جانبی پیش‌پیشانی در پردازش اطلاعات بصری در توجه بالا-به-پایین و عدم نقش آن در پردازش اطلاعات پایین-به-بالا، این ناحیه نقش مهمی را در توجه پایین-به-بالا ایفا می‌کند (۵۱، ۵۲). با توجه به مطالب ذکر شده و

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

همچنین با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌ها مشخص است که محرک‌های سطح پایین (همچون رنگ، شدت و جهات) و محرک‌های سطح میانی، که هر دو دسته در روند پردازش پایین-به-بالای توجه موثر هستند، در ایجاد تفاوت میان الگوهای توجه بصری در افراد با طیف اختلال اتیسم و الگوی توجه بصری در افراد با رشد عصب طبیعی (نرمال) نقشی اساسی دارند. با این حال به نظر می‌رسد که نقش این ویژگی‌ها در مطالعات پیشین در زمینه توجه بصری در اختلال اتیسم کمتر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. مطالعات فراوانی که در زمینه طراحی روش‌های توانبخشی برای بهبود مهارت‌های اجتماعی انجام پذیرفته است بیشتر بر مولفه‌های اجتماعی و معنایی محیط تمرکز دارند و به نظر می‌رسد از نقش ویژگی‌های سطح پایین، همچون رنگ محرک‌ها، شدت، جهات و... در دریافت توجه و تاثیر آن در مشکلات مربوط به اختلال در ارتباط و مهارت‌های اجتماعی غفلت شده است.

اختلال طیف اتیسم با اختلال در روابط اجتماعی، ناتوانی یا اختلال در برقراری ارتباط و همچنین فعالیت‌ها، علایق و رفتارهای محدود با الگوهای تکراری مشخص می‌شود (۱، ۵۳). برخی از مطالعات نشان داده است که میان نمرات آزمون‌های رتبه‌بندی مهارت‌های اجتماعی (Social Skill Rating) با برخی از الگوهای توجه بصری همبستگی وجود دارد (۵۶-۵۴). از طرف دیگر ارتباط رفتارهای محدود و تکراری نیز در تعدادی از مطالعات دیگر که بر پایه بررسی توجه بصری انجام گرفته‌اند مشاهده شده است (۵۷، ۵۸). در این مطالعه هر دو الگوی ذکر شده در تحلیل داده‌های گروه افراد اتیستیک مشاهده شد. علاوه بر آن الگوهایی از نشانه‌های علایق محدود و تکراری در این افراد نیز در بررسی الگوی توجه بصری افراد اتیسم در این مطالعه به ثبت رسید. به همین جهت به نظر می‌رسد بتوان از چنین آزمونی برای تولید یک مدل محاسباتی برای پیش‌بینی الگوهای توجه بصری افراد دارای اتیسم بهره برد.

مقایسه خروجی‌های این مدل و مدل‌های تولید شده برای پیش‌بینی توجه بصری در افراد با رشد عصبی طبیعی امکان کشف تفاوت‌ها و شباهت‌های پردازش اطلاعات در فرایندهای شناختی این دو گروه را فراهم می‌کند، همچنین به کشف ساختار و الگوی پردازش اطلاعات بصری در فرایندهای توجه افراد اتیستیک یاری می‌رساند. به علاوه چنین مدلی نشانه‌هایی را برای بررسی بیشتر نواحی مغزی یا شبکه‌های عصبی درگیر در این پردازش‌ها فراهم می‌آورد.

این مدل می‌تواند در طراحی و تولید ابزارهای توان‌بخشی اختلال طیف اتیسم مورد استفاده قرار گیرد. همچین مطالعات نشان داده است که از چنین الگوهایی می‌توان برای غربال یا تشخیص اختلال طیف اتیسم در میان بزرگسالان و حتی نوزادان تازه متولد شده بهره برد (۷، ۱۰). برای تولید چنین ابزاری لازم است که علاوه بر داده‌های ردیابی چشم افراد دارای اتیسم و افراد دارای رشد عصب طبیعی یا به اصطلاح نرمال، داده‌های ردیابی چشم افراد مبتلا به سایر اختلالات عصبی تکاملی (همچون اختلال کمبود توجه_بیش‌فعالی، اختلال شخصیت اسکیزوتایپال، سندورم تورت، اختلال انسجام گسیختگی کودکی (Childhood disintegrative disorder)، سندورم رت و...) که معمولا در تشخیص افتراقی اختلال طیف اتیسم مورد توجه قرار می‌گیرند (۵۹)، مورد تحلیل قرار گیرد و مدل محاسباتی بر اساس تمام این داده‌ها ساخته شود.

در مطالعات آینده می‌توان با افزایش تعداد تصاویر و تعداد آزمودنی‌ها الگوهای مشاهده نشده بیشتری را یافت که نشان‌گر اختلال طیف اتیسم باشند. این الگوها از دو جهت قابل اهمیت است. این الگوها می‌تواند زمینه‌ساز انجام پژوهش‌ها و مطالعات بیشتری در حوزه علوم اعصاب شناختی باشند. با شناخت بخش‌ها یا مدارهایی در مغز که منجر به ایجاد چنین الگوهایی در توجه بصری افراد اتیستیک می‌شود می‌توان دید بهتری نسبت به نحوه عملکرد این بخش‌ها یا مدارهای مغزی در افراد با این اختلال به دست آورد.

از طرف دیگر با توسعه مدل‌های محاسباتی بر اساس این الگوها می‌توان نسبت به ساخت روش‌های غربال‌گری سریع و کم هزینه اتیسم بر پایه ابزار ردیابی چشم اقدام کرد. بررسی و یافتن ویژگی‌هایی در تصاویر که این الگوها را در توجه بصری افراد با اختلال طیف اتیسم نمایان می‌سازد می‌تواند به عنوان موضوع پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد. به دست آوردن تعداد کمی از تصاویرِ بهینه شده به عنوان محرک در آزمون، به جای تعداد فراوانی از تصاویر، که منجر به مشاهده این الگوها در گروه افراد دارای اتیسم شوند از این جهت حائز اهمیت است که می‌تواند به تولید یک ابزار غربال‌گری سریع اتیسم بر پایه فناوری ردیابی چشم کمک کند.

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به در نظر نگرفتن تاثیر سن در تغییرات الگوی توجه بصری در طول رشد افراد با اختلال طیف اتیسم و افراد فاقد این اختلال اشاره کرد. یک مطالعه گسترده‌تر همراه با آزمودنی‌های بیشتر در رده‌های سنی متفاوت می‌تواند تصویر جامع‌تری در مورد الگوی توجه بصری در اختلال طیف اتیسم به دست دهد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی همه‌جانبه و چندلایه الگوهای توجه بصری در اختلال طیف اتیسم انجام شد و نشان داد که می‌توان در سطوح مختلف ویژگی‌های بصری در تصاویر از ویژگی‌های سطح پایین تا ویژگی‌های

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

سطح بالاتر همچون ویژگی‌های معنایی و اجتماعی تفاوت‌هایی را میان الگوهای نقشه برجسته بصری توجه در افراد دارای اتیسم و افراد با رشد عصب طبیعی مشاهده نمود. در این الگوها علائم و نشانه‌های اصلی اختلال طیف اتیسم قابل مشاهده است و می‌تواند به کشف ساختار و الگوی پردازش اطلاعات بصری در مدارهای مغزی مرتبط با فرایندهای توجه بصری در این اختلال یاری رساند. بعلاوه از الگوهای یافت شده می‌توان برای طراحی فناوری‌های توان‌بخشی شناختی و همچنین غربال‌گری اتیسم بر پایه ابزار ردیابی چشم بهره برد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

مطالعه حاضر شامل تجزیه و تحلیل داده ها بوده و در موسسه مطالعات علوم شناختی تأیید شده است.

مشارکت نویسندگان

محمد کیانی و حمیدرضا پوراعتماد ایده این پژوهش و طراحی آزمایش را بر عهده داشته‌اند. محمد کیانی و جمال امانی راد مدل و چارچوب محاسباتی را طراحی کرده‌اند. محمد کیانی پیاده‌سازی و انجام محاسبات را بر عهده داشته است.

منابع مالی

این پروژه با هزینه‌های شخصی انجام شده است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مرتبط با یکی از پژوهش‌های رساله دکتری نویسنده نخست این مقاله است؛ به این جهت، از همکاری همه افرادی که در پیشبرد این مطالعه همکاری داشتند، همچنین از پژوهشکده علوم شناختی تهران و پژوهشکده علوم شناختی و مغز دانشگاه شهید بهشتی برای راهبری این پژوهش، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References

1. Matson JL, editor. Handbook of assessment and diagnosis of autism spectrum disorder. Basel, Switzerland:Springer;2016.

2. Christensen DL, Bilder DA, Zahorodny W, Pettygrove S, Durkin MS, Fitzgerald RT, et al. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among 4-year-old children in the autism and developmental disabilities monitoring network. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*. 2016;37(1):1-8.

3. Autism and developmental disabilities monitoring network surveillance year 2008 principal investigators. Prevalence of autism spectrum disorders-autism and developmental disabilities monitoring network, 14 sites, United States, 2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report: Surveillance Summaries*. 2012;61(3):1-9.

4. Maenner MJ, Shaw KA, Baio J. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2016. *MMWR Surveillance Summaries*. 2020;69(4):1-12.

5. Baio J, Wiggins L, Christensen DL, Maenner MJ, Daniels J, Warren Z, et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2014. *MMWR Surveillance Summaries*. 2018;67(6):1-23.

6. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5th Edition:DSM-5®. Arlington, VA:American Psychiatric Association;2013.

7. Jones W, Klin A. Attention to eyes is present but in decline in 2-6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature*. 2013;504(7480):427-431.

8. Senju A, Johnson MH. Atypical eye contact in autism: models, mechanisms and development. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2009;33(8):1204-1214.

9. Tanner A, Dounavi K. The emergence of autism symptoms prior to 18 months of age: A systematic literature review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2021;51(3):973-993.

10. Mastergeorge AM, Kahathuduwa C, Blume J. Eye-tracking in infants and young children at risk for autism spectrum

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

disorder: A systematic review of visual stimuli in experimental paradigms. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2021;51:2578-2599.

11. Yaneva V, Eraslan S, Yesilada Y, Mitkov R. Detecting high-functioning autism in adults using eye tracking and machine learning. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2020;28(6):1254-1261.

12. Lee M, Nayar K, Maltman N, Hamburger D, Martin GE, Gordon PC, et al. Understanding social communication differences in Autism spectrum disorder and first-degree relatives: A study of looking and speaking. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2020;50(6):2128-2141.

13. Baron-Cohen S. Theory of mind and autism: A fifteen year review. In: Baron-Cohen S, Tager-Flusberg H, Cohen DJ, editors. Understanding other minds. New York:Oxford University Press;2000.

14. Livingston LA, Colvert E, Social Relationships Study Team, Bolton P, Happe F. Good social skills despite poor theory of mind: Exploring compensation in autism spectrum disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2019;60(1):102-110.

15. Jones CRG, Simonoff E, Baird G, Pickles A, Marsden AJS, Tregay J, et al. The association between theory of mind, executive function, and the symptoms of autism spectrum disorder. *Autism Research*. 2018;11(1):95-109.

16. Yuk V, Urbain C, Pang EW, Anagnostou E, Buchsbaum D, Taylor MJ. Do you know what I'm thinking? Temporal and spatial brain activity during a theory-of-mind task in children with autism. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2018;34:139-147.

17. Madipakkam AR, Rothkirch M, Dziobek I, Sterzer P. Unconscious avoidance of eye contact in autism spectrum disorder. *Scientific Reports*. 2017;7(1):13378.

18. Miller LE, Burke JD, Robins DL, Fein DA. Diagnosing autism spectrum disorder in children with low mental age. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2019;49(3):1080-1095.

19. Wang Q, Lu L, Zhang Q, Fang F, Zou X, Yi L. Eye avoidance in young children with autism spectrum disorder is modulated by emotional facial expressions. *Journal of Abnormal Psychology*. 2018;127(7):722-732.

20. Sasson NJ, Nowlin RB, Pinkham AE. Social cognition, social skill, and the broad autism phenotype. *Autism*. 2013;17(6):655-667.

21. Shanok NA, Jones NA, Lucas NN. The nature of facial emotion recognition impairments in children on the autism spectrum. *Child Psychiatry & Human Development*. 2019;50(4):661-667.

22. Waddington F, Hartman C, de Bruijn Y, Lappenschaar M, Oerlemans A, Buitelaar J, et al. An emotion recognition subtyping approach to studying the heterogeneity and comorbidity of autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*. 2018;10(1):31.

23. Griffiths S, Jarrold C, Penton-Voak IS, Woods AT, Skinner AL, Munafo MR. Impaired recognition of basic emotions from facial expressions in young people with autism spectrum disorder: Assessing the importance of expression intensity. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2019;49(7):2768-2778.

24. Sasson NJ, Elison JT, Turner-Brown LM, Dichter GS, Bodfish JW. Brief report: Circumscribed attention in young children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2011;41(2):242-247.

25. Gepner B, Godde A, Charrier A, Carvalho N, Tardif C. Reducing facial dynamics' speed during speech enhances attention to mouth in children with autism spectrum disorder: An eye-tracking study. *Development and Psychopathology*. 2020:1-10.

26. Fedor J, Lynn A, Foran W, DiCicco-Bloom J, Luna B, O'Hearn K. Patterns of fixation during face recognition: Differences in autism across age. *Autism*. 2018;22(7):866-880.

27. Asberg Johnels J, Hovey D, Zürcher N, Hippolyte L, Lemonnier E, Gillberg C, et al. Autism and emotional face-viewing. *Autism Research*. 2017;10(5):901-910.

28. Wang S, Xu J, Jiang M, Zhao Q, Hurlemann R, Adolphs R. Autism spectrum disorder, but not amygdala lesions, im-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

pairs social attention in visual search. *Neuropsychologia*. 2014;63:259-274.

29. Riby DM, Hancock PJ, Jones N, Hanley M. Spontaneous and cued gaze-following in autism and Williams syndrome. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*. 2013;5(1):13.

30. Frazier TW, Klingemier EW, Parikh S, Speer L, Strauss MS, Eng C, et al. Development and validation of objective and quantitative eye tracking-based measures of autism risk and symptom levels. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2018;57(11):858-866.

31. Moriuchi JM, Klin A, Jones W. Mechanisms of diminished attention to eyes in autism. *American Journal of Psychiatry*. 2016;174(1):26-35.

32. Norbury CF, Brock J, Cragg L, Einav S, Griffiths H, Nation K. Eye-movement patterns are associated with communicative competence in autistic spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2009;50(7):834-842.

33. Papagiannopoulou EA, Chitty KM, Hermens DF, Hickie IB, Lagopoulos J. A systematic review and meta-analysis of eye-tracking studies in children with autism spectrum disorders. *Social Neuroscience*. 2014;9(6):610-632.

34. Kwon M-K, Moore A, Barnes CC, Cha D, Pierce K. Typical levels of eye-region fixation in toddlers with autism spectrum disorder across multiple contexts. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2019;58(10):1004-1015.

35. Reisinger DL, Shaffer RC, Horn PS, Hong MP, Pedapati EV, Dominick KC, et al. Atypical social attention and emotional face processing in autism spectrum disorder: Insights from face scanning and pupillometry. *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 2020;13:76.

36. Falck-Ytter T, Von Hofsten C. How special is social looking in ASD: A review. *Progress in brain Research*. 2011;189:209-222.

37. Duan H, Zhai G, Min X, Che Z, Fang Y, Yang X, et al. A dataset of eye movements for the children with autism spectrum disorder. In: Proceedings of the 10th ACM Multimedia Systems Conference. 2019 June 18-21; Massachusetts, USA. New York:ACM;2019. pp. 255-260.

38. Psychiatric Association Association. Diagnostic criteria from dsM-iV-tr. Washington, DC:American Psychiatric Publication;2000.

39. Singh-Manoux A, Kivimaki M, Glymour MM, Elbaz A, Berr C, Ebmeier KP, et al. Timing of onset of cognitive decline: Results from Whitehall II prospective cohort study. *BMJ*. 2012;344.

40. Itti L, Koch C, Niebur E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1998;20(11):1254-1259.

41. Krasovskaya S, MacInnes WJ. Salience models: A computational cognitive neuroscience review. *Vision*. 2019;3(4):56.

42. Russell BC, Torralba A, Murphy KP, Freeman WT. LabelMe: A database and web-based tool for image annotation. *International Journal of Computer Vision*. 2008;77(1-3):157-173.

43. Arru G, Mazumdar P, Battisti F. Exploiting visual behaviour for autism spectrum disorder identification. In: 2019 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW). 2019 July 8-12; Shanghai, China. IEEE;2019. pp. 637-640.

44. Riche N, Duvinage M, Mancas M, Gosselin B, Dutoit T. Saliency and human fixations: State-of-the-art and study of comparison metrics. In: 2013 IEEE International Conference on Computer Vision. 2013 December 1-8; Sydney, NSW, Australia. IEEE;2013. pp. 1153-1160.

45. Turner-Brown LM, Lam KSL, Holtzclaw TN, Dichter GS, Bodfish JW. Phenomenology and measurement of circumscribed interests in autism spectrum disorders. *Autism*. 2011;15(4):437-456.

46. Haigh SM, Walsh JA, Mazefsky CA, Minshew NJ, Eack SM. Processing speed is impaired in adults with autism spectrum disorder, and relates to social communication abilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2018;48(8):2653-2662.

47. Oliveras-Rentas RE, Kenworthy L, Roberson RB, Martin A, Wallace GL. WISC-IV profile in high-functioning autism spectrum disorders: Impaired processing speed is associated

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

with increased autism communication symptoms and decreased adaptive communication abilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2012;42(5):655-664.

48. Eack SM, Hogarty SS, Greenwald DP, Litschge MY, Porton SA, Mazefsky CA, et al. Cognitive enhancement therapy for adult autism spectrum disorder: Results of an 18-month randomized clinical trial. *Autism Research*. 2018;11(3):519-530.

49. De Luca R, Leonardi S, Portaro S, Le Cause M, De Domenico C, Colucci PV, et al. Innovative use of virtual reality in autism spectrum disorder: A case-study. *Applied Neuropsychology: Child*. 2021;10(1):90-100.

50. Dhamodharan T, Thomas M, Ramdoss S, JothiKumar K, SaravanaSundharam S, Muthuramalingam B, et al. Cognitive rehabilitation for autism children mental status observation using virtual reality based interactive environment. In: Ahram T, Karwowski W, Vergnano A, Leali F, Taiar R, editors. Intelligent human systems integration 2020. Cham:Springer International Publishing;2020. pp. 1213-1238.

51. Katsuki F, Constantinidis C. Bottom-Up and Top-Down Attention. *The Neuroscientist*. 2014;20(5):509-521.

52. Katsuki F, Constantinidis C. Early involvement of prefrontal cortex in visual bottom-up attention. *Nature Neuroscience*. 2012;15(8):1160-1166.

53. Ameis SH, Kassee C, Corbett-Dick P, Cole L, Dadhwal S, Lai MC, et al. Systematic review and guide to management of core and psychiatric symptoms in youth with autism. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. 2018;138(5):379-400.

54. Murias M, Major S, Davlantis K, Franz L, Harris A, Rardin B, et al. Validation of eye-tracking measures of social attention as a potential biomarker for autism clinical trials. *Autism Research*. 2018;11(1):166-174.

55. Griffin JW, Scherf KS. Does decreased visual attention to faces underlie difficulties interpreting eye gaze cues in autism?. *Molecular Autism*. 2020;11(1):60.

56. Greene RK, Parish-Morris J, Sullivan M, Kinard JL, Mosner MG, Turner-Brown LM, et al. Dynamic eye tracking as a predictor and outcome measure of social skills intervention in adolescents and adults with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2021;51(4):1173-1187.

57. Navab A, Gillespie-Lynch K, Johnson SP, Sigman M, Hutman T. Eye-tracking as a measure of responsiveness to joint attention in infants at risk for autism. *Infancy*. 2012;17(4):416-431.

58. Sasson NJ, Turner-Brown LM, Holtzclaw TN, Lam KS, Bodfish JW. Children with autism demonstrate circumscribed attention during passive viewing of complex social and nonsocial picture arrays. *Autism Research*. 2008;1(1):31-42.

59. Green IW, Kidd CL, Accordino RE. Differential Diagnosis of Autism Spectrum Disorder Across the Lifespan. In: McDougle C, editor. Autism spectrum disorder. New York:Oxford University Press;2016. pp. 47-66.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License