

ხელოვნური ინტელექტის როლი აუტიზმის ადრეული დიაგნოსტიკისა და სკრინინგისთვის მცირეწლოვან ბავშვებში

სოფიო ბარნოვი, ირმა კუცია, გვანცა ხუბულია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

s.barnovi@gtu.ge, i.kutsia@gtu.ge, khubulia.gvantsa24@gtu.ge

რეზიუმე

სტატია მიმოიხილავს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების შესაძლებლობებს აუტისტიკური სპექტრის აშლილობის (ასა) ადრეულ დიაგნოსტიკასა და სკრინინგის. აღწერილია თანამედროვე მეთოდოლოგიები, როგორცაა ვიდეო ანალიზი, მეტყველების ამოცნობა და თავის ტვინის ფუნქციური სკანირება.

ასა აფერხებს ბავშვის სოციალური, კომუნიკაციური და ქცევითი უნარების განვითარებას. აღნიშნული დარღვევის ადრეული დიაგნოსტიკა და ჩარევა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პაციენტის შემდგომ განვითარებასა და ცხოვრების ხარისხზე. ტრადიციული დიაგნოსტიკური მიდგომები დამოკიდებულია ფსიქიატრის პროფესიონალიზმსა და სუბიექტურ შეფასებაზე, ასევე მოითხოვს მნიშვნელოვან დროსა და რესურსებს. ამის გათვალისწინებით, აუტიზმის სპექტრის დარღვევის მქონე ბავშვთა უმრავლესობაში კლინიკური დიაგნოზი ექვს წლის ასაკამდე პერიოდში დგინდება. ადრეული ჩარევის პროგრამები ხელს უწყობს აუცილებელი კომპეტენციების ფორმირებას და კლინიკური სიმპტომების ინტენსივობის შემცირებას.

ამ პროცესში ხელოვნური ინტელექტი (AI), განსაკუთრებით მანქანური და ღრმა სწავლების მეთოდები გადამწყვეტ როლს ასრულებს, დიაგნოსტიკის სიზუსტის გაუმჯობესებაში, ამცირებს დროის რესურსებს და ზრდის ეფექტიანობას. AI-ის მხარდაჭერით განხორციელებული ფსიქოსოციალური ინტერვენციები ხელს უწყობს კომუნიკაციური და სოციალური უნარების განვითარებას, რაც დადებითად აისახება, როგორც აუტიზმის სპექტრის ინდივიდების, ასევე მათზე მზრუნველების კეთილდღეობასა და ცხოვრების ხარისხზე. კვლევა მიზნად ისახავს, ხელოვნური ინტელექტის მოდელების ეფექტიანობის შეფასებას ქცევითი, ენოვანი, ვიდეო და ბიომეტრიული მონაცემების დამუშავებაში, რათა დადგინდეს მოდელის სიზუსტე და სანდოობა.

საკვანძო სიტყვები: ასა, ხელოვნური ინტელექტი, მანქანური სწავლება, ღრმა სწავლება.

1. შესავალი.

ასა მულტიფუნქციური დარღვევაა, რომელიც გავლენას ახდენს ადამიანის სოციალურ ურთიერთობებზე, კომუნიკაციასა და ქცევაზე. ის მოიცავს სიმპტომების ფართო სპექტრს, რის გამოც მას „სპექტრის აშლილობას“ უწოდებენ. აუტიზმი არ არის დაავადება, რომელიც იკურნება, არამედ ეს არის ტვინის განსხვავებული განვითარება. აქედან გამომდინარე, შესაბამისი თერაპიითა და მხარდაჭერით, ასა-ის მქონე ადამიანებს შეუძლიათ სრულფასოვანი და პროდუქტიული ცხოვრების რიტმის შენარჩუნება. მისი გამომწვევი მიზეზები რთული და მრავალფეროვანია, მათ შორის გენეტიკური, ნეიროანატომიური და ნეიროფუნქციური დარღვევები, იმუნური სისტემის დისფუნქცია, გარემოსდაცვითი და პერინატალური ფაქტორები. მიუხედავად იმისა, რომ ამ დარღვევას გარკვეული გენეტიკური მიზეზები აქვს, კლინიკური დიაგნოზი ამჟამად, ეფუძნება დაკვირვებად და გაზომვად ქცევით ინდიკატორებს. ადრეულ ჩარევას ეფექტურად შეუძლია შეამციროს სიმპტომების საერთო სიმძიმე.

მიუხედავად იმისა, რომ სიმპტომები ჩვეულებრივ 2 წლამდე ასაკში ვლინდება, მაინც ფართომასშტაბიანი ადრეული სკრინინგი ბევრ რეგიონში არ გამოიყენება რესურსების სიმცირის გამო. აქედან გამომდინარე, აქტუალური საკითხია ადრეული სკრინინგი. ხელოვნური ინტელექტის (AI) გამოყენებით. მონაცემთა დამუშავების მეთოდები ხელს უწყობს აუტიზმის დიაგნოსტიკისთვის საჭირო ელემენტების შემცირებასა და დიაგნოსტიკური პროცესის ავტომატიზებას, რაც კლინიკური დიაგნოზის ეფექტურობას მნიშვნელოვნად ზრდის.

ტვინის ვიზუალიზაციის მონაცემების გამოყენება ტვინის სტრუქტურისა და ფუნქციის ანომალიების დასადგენად, აუტიზმის ადრეულ ეტაპზე დიაგნოსტიკის კიდევ ერთი ეფექტური გზაა. ამ მიზნით, სულ უფრო აქტუალური ხდება **რადიომიკა**, რომელიც ვიზუალიზაციის ტექნიკებს (მაგალითად, კომპიუტერულ ტომოგრაფიას, მაგნიტურ-რეზონანსულ ტომოგრაფიას, პოზიტრონ-ემისიურ ტომოგრაფიას) ხელოვნურ ინტელექტთან აერთიანებს.

2. კვლევის მეთოდოლოგია

ბოლო წლებში მკვლევარებმა აღიარეს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების ფართო სპექტრი აუტიზმის ადრეული დიაგნოსტიკა მცირეწლოვან ბავშვებში და ამ მიმართულებით მრავალი კვლევა ჩატარდა.

მედიცინის სწრაფად განვითარებადი სფეროა. ტვინში არსებული რთული პათოლოგიური ნიშნულების იდენტიფიცირებისა და დიაგნოსტიკის მოდელებს დიდი პოტენციალი აქვს აშლილობების დიაგნოსტიკისთვის. ტრადიციული ვიზუალიზაციის მეთოდები რადიოლოგებისგან მოითხოვს მიღებული 2D ან 3D გამოსახულებების სეგმენტირებას, ინტერესის არეალის შესარჩევად. ეს პროცესი შრომატევადი და ძვირადღირებულია. ხელოვნური ინტელექტის მოდელები ამარტივებს სეგმენტაციის პროცესის ავტომატიზაციას. ამ მოდელებს შეუძლიათ სწრაფად მიიღონ ასობით ან ათასობით მახასიათებელი, გააანალიზონ ისინი პროგნოზირების მოდელის შესაქმნელად და შემდეგ შეაფასონ მოდელის ეფექტიანობა ახალ მონაცემთა ნაკრებზე. აღნიშნული პროცესი განსაკუთრებით გამოსადეგია ფსიქიატრიული აშლილობების რთული ნიშნულების ანალიზისა და დიაგნოსტიკისთვის.

ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების დანერგვა ხელს უწყობს რისკის შემცველი გენების პრიორიტეტიზაციას და ტვინის ვიზუალიზაციის მონაცემების საფუძველზე ზუსტი დიაგნოზის დასმას.

თვალის მოძრაობები, რომლებიც ქცევის, შემეცნებისა და გადაწყვეტილების მიღების ინდიკატორებია, პერსპექტიული ბიომარკერების ფუნქციას ასრულებს. მსოფლიოში არსებული კვლევები მიუთითებს, რომ მათ აქვთ სირთულეები სოციალური სცენების აღქმის, თვალის კონტაქტის დამყარებისა და შენარჩუნების, ასევე სახის ინფორმაციის ამოცნობის კუთხით. ამ მახასიათებლების ობიექტურად გაზომვა შესაძლებელია თვალის თვალთვალის (eye-tracking) ტექნოლოგიის გამოყენებით. თვალის თვალთვალის შეფასებები წარმოქმნის ფართომასშტაბიან დროით და სივრცით მონაცემებს და ვიზუალური ყურადღების მრავალ მახასიათებელს, რომელთა ანალიზიც ღრმა სწავლების ალგორითმებით შეიძლება განხორციელდეს.

ბოლო დროს, მნიშვნელოვნად გაიზარდა eye-tracking და ღრმა სწავლების კომბინაციით ჩატარებული კვლევების რაოდენობა, რომლებიც მიზნად ისახავს ასა-ის მქონე მცირეწლოვანი ბავშვების კლასიფიკაციას. კვლევაში გამოიყენება ღრმა სწავლების სხვადასხვა ნეირონული ქსელები: კონვოლუციური (CNN), რეკურენტული (RNN) და ჰიბრიდული მოდელები (CNN-ANN).

ნეირომრავალფეროვნების პერსპექტივიდან გამომდინარე, აუტიზმის მქონე პირები არ განიხილებიან, როგორც ყურადღების დეფიციტის მქონე ინდივიდები. ისინი უბრალოდ არიან ადამიანები, რომლებსაც ნეიროგანვითარებითი თავისებურებების გამო უჭირთ არსებულ გარემოსთან ადაპტირება. დამატებითი მახასიათებლებია ქცევისა და აქტივობების ატიპიური ნიმუშები, როგორიცაა ერთი აქტივობიდან მეორეზე გადასვლის სირთულე, დეტალებზე ფოკუსირება და შეგრძნებებზე უჩვეულო რეაქციები. მათი სოციალური ადაპტაციის გაუმჯობესების ძირითადი ფაქტორები საგანმანათლებლო და სოციალური ინტერვენციებია.

ხელოვნურ ინტელექტს (AI) შეუძლია მნიშვნელოვნად დაეხმაროს ასა-ის მქონე მცირეწლოვან ბავშვებს ძირითადი სოციალური ინტერაქციებისა და ინტერპერსონალური კომუნიკაციის განვითარებაში, ასევე ემოციების ამოცნობისა და მართვის უნარის გაუმჯობესებაში. მისი გამოყენება ხელს უწყობს ამ ბავშვებისათვის განათლებისა და დასაქმების თანაბარი უფლებებით სარგებლობას. სოციალურ კონტექსტში, ხელოვნურ ინტელექტს შეუძლია ხელი შეუწყოს ბავშვებს სხვადასხვა ობიექტის უკეთ გამოყენებაში და შეუმსუბუქოს მათ სოციალურ ცხოვრებასთან დაკავშირებული სირთულეები.

ასა-ის ადრეული გამოვლენის გასაუმჯობესებლად მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებამ ბოლო წლებში მნიშვნელოვან პროგრესს მიაღწია. მკვლევრებმა გამოიყენეს მრავალი მანქანური სწავლების ალგორითმი სხვადასხვა მონაცემთა ნაკრების შესასწავლად, მათ შორის ქცევითი ნიმუშების, სოციალური ინტერაქციების, გენეტიკური და ტვინის ვიზუალიზაციის მონაცემების. შემუშავდა პროგნოზირებადი მოდელები, რომლებიც ადრეულ ეტაპზე ავლენენ ასა-ის დიაგნოზს. მონაცემთა ნაკრებზე დაყრდნობით შექმნილია მობილური აპლიკაცია, რომელიც აერთიანებს ქცევით (behavioral) და დემოგრაფიულ მონაცემებს სხვადასხვა ასაკის ჯგუფებში.

აუტიზმის სპექტრის დარღვევის დიაგნოზი შესაძლებელია საკმაოდ ადრეულ ასაკში, თუმცა, მისი ზუსტი დრო დამოკიდებულია მრავალი ფაქტორის ერთობლიობაზე, მათ შორის სიმპტომების სიმძიმეზე, მშობელთა დაკვირვებულობაზე და კლინიკური მიდგომის ეფექტიანობაზე.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO) მონაცემებით, მსოფლიოში ბავშვების დაახლოებით 10-15%-ს ნეიროგანვითარებითი აშლილობები აწუხებს, მათ შორის აუტისტური სპექტრის აშლილობა (ASD), ჰიპერაქტივობის სინდრომი (ADHD) და ინტელექტუალური განვითარების დარღვევები. ბოლო კვლევების მონაცემებით, დაავადებათა კონტროლისა და პრევენციის ცენტრების (CDC) თანახმად, შეერთებულ შტატებში 44 ბავშვიდან 1-ს ასა-ის დიაგნოზი აქვს, რაც მნიშვნელოვნად მაღალია წინა წლების მაჩვენებლებთან შედარებით.

2023 წელს, კორეის რობოტიკისა და ტექნოლოგიების კონვენციის ინსტიტუტის (KIRO) სეულის ცენტრში, მკვლევრებმა ასა-ის სკრინინგისთვის „ცოცხალი ლაბორატორია“ დააარსეს. ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ისინი ატარებენ სადამკვირვებლო ტესტებს და აგროვებენ მონაცემებს ჩვილებსა და მცირეწლოვან ბავშვებზე, რითაც ხელს უწყობენ ამ სფეროში ტექნოლოგიების განვითარებას.

ეს ტექნოლოგია მსოფლიოში პირველი მულტიდისციპლინური, კონვენციისაზე დაფუძნებული **ხელოვნური ინტელექტის (AI)** მეთოდია ასა-ის სკრინინგისთვის. ის აუმჯობესებს არსებული სკრინინგის ინსტრუმენტების შეზღუდვებს და წარმოადგენს ახალ მიდგომებს, რომელიც უფრო **ობიექტური და რაოდენობრივი შეფასებების** შესაძლებლობას იძლევა. აღნიშნული კვლევის ფარგლებში, შემუშავდა ჩვილებისა და ბავშვების დაკვირვების

სცენარი, რომლის დროსაც შესაძლებელია ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიის გამოყენება.

ხელოვნურ ინტელექტს (AI) მნიშვნელოვანი როლი აქვთ ასა-ის გამოვლენასა და დიაგნოსტიკაში, განსაკუთრებით ადრეული გამოვლენისა და ინდივიდუალური მკურნალობის უახლესი მეთოდოლოგიების გამოყენებით. მანქანური სწავლების ალგორითმები, როგორებიცაა **საყრდენი ვექტორის მეთოდი (SVM)**, **შემთხვევითი ტყეები** და **ღრმა სწავლების მოდელები**, ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის მონაცემების ანალიზისთვის, მათ შორის ნეიროვიზუალიზაციის, გენეტიკური, ქცევითი და კლინიკური მონაცემების. გადაწყვეტილებათა ხის მოდელებს აქვს უნარი, აღმოაჩინონ ნიმუშები და მახასიათებლები, რომელთა დადგენაც ადამიან კლინიკის ტებს უჭირთ, რაც იწვევს უფრო ზუსტ და დროულ დიაგნოზს.

თუმცა, ამ მოდელების უმეტესობის „შავი ყუთის“ ბუნება პრობლემებს ქმნის კლინიკურ გარემოში, სადაც ინტერპრეტაცია კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ნდობისა და ადაპტაციისთვის. სწორედ, აქ შემოდის ახსნადი ხელოვნური ინტელექტი (XAI), რომელიც გვთავაზობს ტექნიკებს, როგორებიცაა LIME, SHAP და კონცენტრაციის მექანიზმები, რაც ამ მოდელების გადაწყვეტილებებს უფრო გამჭვირვალეს ხდის. კომბინაციაში, **ხელოვნური ინტელექტი და ახსნადი ხელოვნური ინტელექტი** წარმოადგენენ შესანიშნავ მიდგომას ასა-ის გამოვლენის გასაუმჯობესებლად.

თანამედროვე მანქანური სწავლების ტექნიკის მიმდინარე ტენდენციები როგორიცაა SVM-ები, CNN-ები და ღრმა სწავლების არქიტექტურები, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს დიაგნოსტიკური სიზუსტის გასაუმჯობესებლად.

3. ღრმა სწავლება და მისი როლი ასა-ის დიაგნოსტიკის შეფასებაში

ღრმა სწავლება მოიცავს მრავალ ნეირონულ შრესა და მათთან დაკავშირებულ ალგორითმებს. ღრმა სწავლების მოდელს შეუძლია არასტრუქტურირებული მონაცემებიდან ამოიღოს ისეთი მახასიათებლები, რომლებიც საჭიროა ზუსტი პროგნოზების გასაკეთებლად. მკვლევრებმა შეადარეს ღრმა სწავლების სხვადასხვა ალგორითმებით გენერირებული მოდელები ასა-ის შესაძლო შემთხვევების კლასიფიკაციისთვის. მათ აღმოაჩინეს, რომ ღრმა და კონვოლუციურ ნეირონულ ქსელებზე დაფუძნებული მოდელები უფრო ეფექტური აღმოჩნდა.

მოქნილობისა და ეფექტურობის გამო, ღრმა სწავლების მეთოდები ასევე ქმნის ახალ შესაძლებლობებს მცირეწლოვან ბავშვებში ავტომატური დიაგნოსტიკისთვის. ადრეული სკრინინგისა და დიაგნოზის მისაღწევად, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებმა შექმნეს პროგნოზირებადი მოდელები ადრეული ქცევითი დიაგნოზის ავტომატიზაციის გასაუმჯობესებლად:

1. ქცევაზე დაფუძნებული ანალიზი (Behavioral AI Models)

- **ვიდეო ანალიზი**. ბავშვების თამაშის, მოძრაობისა და სოციალური ქცევის ავტომატური შეფასება ვიდეო მასალაზე დაყრდნობით. გამოიყენება CNN ნეირონული ქსელები.
- **თვალიერების დევნება ხელოვნური ინტელექტით (Eye-tracking with AI)**. ეკრანზე გამოსახული სოციალური სცენების თვალის ფოკუსისა და მოძრაობის ანალიზი.

2. ენობრივი ნიშნების ანალიზი (Language & Speech Analysis)

- **ხმოვანი ჩანაწერები (Audio AI) და ბუნებრივი ენის დამუშავება (NLP)**. ბავშვის ბგერების, ტონისა და სისწრაფის ანალიზი (prosody). აქცენტირებული სიტყვები - კლასიფიცირდება ML მოდელებით. ბავშვის მიერ გამოყენებული სიტყვებისა და წინადადების სტრუქტურის ანალიზი. სიტყვების სიხშირე, ლექსიკური სირთულე.

3. გენური მონაცემების ანალიზი (Genomic & Biomarker AI Models)

- გენეტიკური პროგნოზირების მოდელები. AI გამოიყენება გენის გამოვლინებისა და მუტაციების საფუძველზე აუტიზმის რისკის განსასაზღვრად.
- ბიომარკერების იდენტიფიკაცია. სისხლის ან სხვა ბიოლოგიური სითხეებიდან მიღებული მონაცემები (მოლეკულური ბიომარკერები).

4. ტვინის გამოსახულებების ანალიზი (Neuroimaging AI)

- MRI / fMRI ანალიზი. AI იყენებს ტვინის სტრუქტურული ან ფუნქციური გამოსახულებების ანალიზს. გამოიყენება CNN და Autoencoder მოდელები.
- ABIDE მონაცემების გამოყენება. ABIDE (Autism Brain Imaging Data Exchange) არის ღია ბაზა, სადაც თავმოყრილია ბავშვთა აუტისტური და ნეიროტიკული MRI მონაცემები.

5. მულტიმოდალური მიდგომები (Multimodal AI)

- ამ მეთოდში რამდენიმე მონაცემის ტიპი კომბინირდება ერთ მოდელში: ვიდეო, ხმა, MRI, eye-tracking. მულტიმოდალური ტრანსფორმერები და attention-based მოდელები ემეზღვნენ ნიშნებს შორის კავშირს სხვადასხვა წყაროდან.

4. დასკვნა.

აუტიზმის სპექტრის აშლილობა წარმოადგენს კომპლექსურ ნეიროგანვითარებით მდგომარეობას, რომლის ადრეული გამოვლენა კრიტიკულია ბავშვის განვითარების ხელშეწყობად. მიუხედავად იმისა, რომ ტრადიციული დიაგნოსტიკური მეთოდები შედეგიანია, ისინი ხშირად დიდ დროს მოითხოვენ და დამოკიდებულია სუბიექტურ შეფასებაზე. ხელოვნური ინტელექტის (AI) ინტეგრაცია აუტიზმის ადრეულ დიაგნოსტიკაში ქმნის სრულიად ახალ პერსპექტივებს. მანქანური სწავლების ალგორითმებზე დაფუძნებული მეთოდები - როგორცაა ღრმა ნეირონული ქსელები, Random Forest, SVM და სხვ. რაც იძლევა მაღალი სიზუსტის, სტაბილური და მასშტაბირებადი შეფასების საშუალებას.

მოცემულ კვლევაში განხილულია სხვადასხვა მონაცემებზე დაფუძნებული მიდგომები - მათ შორის ქცევითი შეფასება, ვიდეოანალიზი, თერმული გამოსახულებები და გენის მონაცემთა ანალიზი, სადაც ნათლად ჩანს, რომ AI სისტემებს შეუძლიათ მკაფიოდ გამიჯნონ აუტისტური ნიშნები არაუტისტურისგან. მნიშვნელოვანია, რომ მომავალი კვლევები ორიენტირებული იყოს ახსნადი ხელოვნური ინტელექტის (XAI) განვითარებაზე, მრავალმოდალურ მონაცემთა ინტეგრაციაზე და სამედიცინო სფეროს გაუმჯობესებაზე, რაც საშუალებას მისცემს AI სისტემებს ეფექტურად ითანამშრომლონ კლინიკურ პრაქტიკასთან. შედეგად, გაიზრდება დიაგნოსტიკის სიზუსტე, შემცირდება დაგვიანებული გამოვლენის შემთხვევები და უფრო ფართო მასშტაბით გახდება შესაძლებელი აუტიზმის მქონე ბავშვების ადრეული მხარდაჭერა.

ბოლო პერიოდში ამ სფეროში განხორციელდა მრავალი კვლევა, რაც განპირობებულია ჯანდაცვის სექტორში AI-ის მეთოდების გამოყენებით უფრო სწრაფი და ზუსტი დიაგნოსტიკის მიღწევის საჭიროებით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Abou-Zahra, S., Brewer, J., & Cooper, M. (2018). *Web accessibility metrics: New directions and challenges*. W3C Web Accessibility Initiative.
2. Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-VanderWeele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508–520. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)
3. Lombardo, M. V., Lai, M. C., & Baron-Cohen, S. (2019). Big data approaches to decomposing heterogeneity across the autism spectrum. *Molecular Psychiatry*, 24, 1435–1450.
4. Yassin, W., Nakatani, H., Zhu, Y., Kojima, M., Owada, K., Kuwabara, H., & Koike, S. (2020). Machine-learning classification using neuroimaging data in schizophrenia, autism, ultra-high risk and first-episode psychosis. *Translational Psychiatry*, 10, 278. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-00984-3>
5. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024). *Data & Statistics on Autism Spectrum Disorder*. <https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html>
6. World Health Organization (WHO). (2024). *Autism Spectrum Disorders*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>

The Role of Artificial Intelligence in the Early Diagnosis and Screening of Autism Spectrum Disorder in Young Children

Sophio Barnovi, Irama Kutsia, Gvantsa Khubulia

Georgian Technical University

s.barnovi@gtu.ge, i.kutsia@gtu.ge, khubulia.gvantsa24@gtu.ge

Abstract

This article explores the potential applications of artificial intelligence (AI) in the early diagnosis and screening of Autism Spectrum Disorder (ASD). It outlines contemporary methodologies such as video analysis, speech recognition, and functional brain imaging, which have emerged as promising tools in identifying ASD at earlier stages.

ASD hinders the development of children's social, communicative, and behavioral skills. Early diagnosis and timely intervention play a vital role in shaping developmental trajectories and improving quality of life. Traditional diagnostic methods are largely dependent on the expertise of psychiatrists, and they often require substantial time and resources. Consequently, most children with ASD receive a clinical diagnosis before the age of six. Early intervention programs facilitate the development of essential competencies and contribute to a reduction in the severity of clinical symptoms.

In this context, artificial intelligence - particularly machine learning and deep learning techniques - plays a pivotal role in enhancing diagnostic precision, reducing the time and resource burden, and increasing overall efficiency. AI-supported psychosocial interventions promote the development of communication and social skills, thereby positively influencing the well-being and life satisfaction of both individuals with ASD and their caregivers. The aim of this study is to evaluate the effectiveness of AI-based models in processing behavioral, linguistic, visual, and biometric data to determine their accuracy and reliability in ASD-related applications.

Keywords: Autism Spectrum Disorder (ASD), Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning