

Komputerowa analiza obrazu i ruchu w badaniach nad spektrum autyzmu

Przegląd literatury, ograniczenia metod i propozycja protokołu badawczego dla narzędzi wspierających terapię oraz komunikację alternatywną (AAC).

Streszczenie

Analiza nagrań wideo z użyciem estymacji pozy ciała (pose estimation), śledzenia osób i modeli czasowych umożliwia ilościowy opis wybranych zachowań ruchowych dzieci. Badania wskazują możliwość automatycznego wykrywania stereotypii ruchowych i pomiaru synchronizacji interpersonalnej. Wyniki te nie oznaczają jednak, że pojedynczy algorytm może diagnozować autyzm ani wiarygodnie oceniać skuteczność terapii bez niezależnej walidacji. Proponujemy projekt badawczy skoncentrowany na powtarzalnych pomiarach funkcjonalnych w trakcie zajęć, z interpretacją prowadzoną przez specjalistów. [1-5]

1. Stan badań: co zostało empirycznie wykazane

Automatyczna detekcja stereotypii. W badaniu kohortowym z 2024 r. analizowano 319 nagrań ocen 241 dzieci (580 godzin wideo). Algorytm wykorzystujący estymację szkieletu i model czasowy wykrywał 92,53% ręcznie oznaczonych epizodów stereotypowych ruchów przy precyzji 66,82%. Wysoka czułość współistnieje tu z istotną liczbą fałszywych alarmów; wyników nie należy przedstawiać jako „92,53% trafności diagnozy”. [1]

Estymacja pozy w interakcjach społecznych. Badania wykorzystujące 2D pose estimation wskazują możliwość wydobywania wzorców postawy i ruchu z nagrań interakcji. W jednym z badań model klasyfikacyjny osiągnął accuracy 80,9% w badanej próbie, lecz jest to wynik określonego zadania i populacji, nie uniwersalna skuteczność przesiewu. [2]

Synchronizacja ruchu w zabawie. Publikacja z 2026 r. bada estymację pozy podczas swobodnej zabawy i różnice w synchronizacji motorycznej pomiędzy osobami. To kierunek szczególnie istotny dla pomiaru interakcji dziecko-terapeuta, ale wymaga rozróżnienia opisu statystycznego od oceny jakości relacji. [3]

Motoryka i cyfrowe markery. Przegląd i komentarz metodologiczny z 2025 r. opisuje m.in. prędkość, przyspieszenie, płynność ruchu, odchylenia posturalne i zmienność czasową. Autorzy podkreślają problemy standaryzacji, interpretacji i przenoszenia wyników z laboratorium do placówek. [4]

2. Proponowany zakres pomiaru w EDUSPEKTRUM

Obszar	Dane możliwe do pozyskania	Warunek interpretacji
Motoryka	trajektoria stawów, czas, zakres, rytm	stały protokół zadania
SI / zadania ruchowe	powtórzenia, czas realizacji, stabilność	kontekst ćwiczenia i sprzętu
Interakcja	dystans, zwrot ciała, synchronizacja	obecność i zachowanie partnera
AAC / komunikacja	liczba prób, wybory, czas reakcji	logi AAC + oznaczenia specjalisty

Uwaga: sam obraz nie pozwala wiarygodnie ustalić intencji komunikacyjnej, stanu emocjonalnego ani jakości przetwarzania sensorycznego. W przypadku AAC konieczne jest połączenie obserwacji wideo z dziennikami urządzenia i oceną człowieka.

3. Proponowana architektura analizy obrazu

Rejestracja: kamera RGB (opcjonalnie kamera głębi), zsynchronizowany czas, oznaczenie zadania, warunków i zgód. Przetwarzanie: wykrycie osoby → estymacja 2D pozy → śledzenie punktów w czasie → filtracja błędów → obliczenie cech kinematycznych → porównanie sesji. Rozszerzenie 3D: tylko przy danych o wystarczającej jakości, kalibracji i geometrii; chmura punktów nie jest automatycznym produktem pojedynczego wideo RGB. [1, 5]

Przykładowe metryki: amplituda wychylenia tułowia, prędkość dłoni, liczba powtórzeń, czas bezruchu, zmienność odstępów pomiędzy próbami, wskaźnik płynności trajektorii. Metryki powinny być raportowane wraz z brakami detekcji i niepewnością pomiaru.

4. Projekt pilotażu: pytania i hipotezy

P1. Czy pomiary wideo są powtarzalne pomiędzy sesjami tego samego zadania? P2. Czy automatyczne liczenie powtórzeń jest zgodne z niezależną anotacją dwóch specjalistów? P3. Czy zintegrowanie danych z zajęć ruchowych, AAC i obserwacji specjalistów poprawia wykrywanie zmian funkcjonalnych w czasie w porównaniu z pojedynczym źródłem?

Plan: pilotaż wykonalności → protokół nagrania i anotacji → walidacja techniczna → badanie podłużne. Z góry określić punkty końcowe, kryteria wyłączenia nagrań, podział danych na uczestników (bez przecieku między treningiem i testem) i analizę błędów. Raportować m.in. precision, recall, F1, MAE dla pomiarów ciągłych, zgodność między oceniającymi oraz przedziały ufności. Wielkość próby należy wyznaczyć na podstawie celu i oczekiwanej precyzji estymacji; nie podajemy arbitralnej liczby dzieci.

5. Ograniczenia i bezpieczeństwo metodologiczne

Zakłócenia: zasłonięcia sylwetki, luźne ubrania, nietypowe pozycje, ruch kamery, oświetlenie, różnice wieku i indywidualne profile ruchowe. Zachowania stereotypowe nie są same w sobie miarą pogorszenia funkcjonowania. Nie należy utożsamiać częstotliwości ruchu z poziomem cierpienia ani traktować redukcji ruchów jako automatycznego celu terapii. Wyniki AI powinny być prezentowane jako pomiary pomocnicze, a nie ocena diagnostyczna. [1, 4, 5]

Dane wideo dzieci stanowią materiał szczególnie wrażliwy organizacyjnie. Przed badaniem wymagane są m.in. ustalenie podstawy prawnej, ocena konieczności DPIA, kontrola dostępu, retencja, pseudonimizacja i zasady zgód/udziału. Zastosowanie badawcze należy oddzielić od ewentualnego przyszłego wyrobu medycznego.

6. Status i interpretacja dowodów

Wykazane w publikacjach: automatyczne rozpoznawanie wybranych ruchów w określonych zbiorach danych; ekstrakcja kinematyki z wideo. Hipoteza EDUSPEKTRUM: użyteczność wielomodalnej analizy do podłużnego wsparcia pracy terapeutów. Niepotwierdzone: skuteczność kliniczna proponowanego systemu EDUSPEKTRUM, przewaga nad standardową dokumentacją i możliwość indywidualnego wnioskowania diagnostycznego.

Literatura i źródła

[1] Automated Analysis of Stereotypical Movements in Videos of Children With Autism Spectrum Disorder. JAMA Network Open (2024).

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11393723/>

[2] Using 2D video-based pose estimation for automated prediction of autism spectrum disorders in young children (2021).

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8302646/>

[3] Akhavan S. i in. Pose estimation analysis of free-play reveals atypical interpersonal motor synchrony in autism. Scientific Reports (2026).

<https://www.nature.com/articles/s41598-026-61530-6>

[4] Scarcella I. i in. Digital motor markers for early autism detection: promise, pitfalls, and a path to clinics. Frontiers in Psychiatry (2025).

<https://doi.org/10.3389/fpsy.2025.1720138>

[5] Automated Quantification of Stereotypical Motor Movements in Autism Using Persistent Homology (2025).

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12424721/>

[6] A tablet-based game for the assessment of visual motor skills in autistic children. npj Digital Medicine (2023).

<https://www.nature.com/articles/s41746-023-00762-6>

Opracowanie: przegląd narracyjny, nie przegląd systematyczny ani metaanaliza. Dane liczbowe dotyczą wyłącznie cytowanych badań, nie wyników EDUSPEKTRUM.