



Erasmus+

Rekomendacje ER-RIA

Rekomendacje dotyczące zastosowania rozpoznawania emocji w interwencjach z użyciem robotów w terapii autyzmu

(Guidelines for Emotion Recognition in Robot-supported
Interventions in Autism)

Projekt EU Erasmus Plus EMBOA

<http://emboa.eu/>

Wersja: 1.2, Polski, Lipiec 2022

Raport jest udostępniony nieodpłatnie na licencji Creative Commons CC BY



PRAWA AUTORSKIE I ROZPOWSZECHNIANIE

Ten dokument jest produktem międzynarodowego projektu EMBOA finansowanego przez program Unii Europejskiej Erasmus Plus. Dokument jest rozpowszechniany bezpłatnie na otwartej licencji CC-BY. Dokument jest dostępny w języku angielskim, polskim, macedońskim, niemieckim i tureckim. Dokument można dowolnie rozpowszechniać.

AUTORZY DOKUMENTU

Duygun Erol Barkana
Katrin Bartl-Pokorny
Hatice Kose
Agnieszka Landowska
Michal R. Wrobel
Ben Robins
Tatjana Zorcec

FINANSOWANIE

Publikacja została wsparta przez projekt Erasmus Plus Komisji Europejskiej: EMBOA, Affective loop in Socially Assistive Robotics as an intervention tool for children with autism, umowa nr 2019-1-PL01-KA203-065096.

ODPOWIEDZIALNOŚĆ

Niniejsza publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko jej autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za umieszczoną w niej zawartość merytoryczną.

WIĘCEJ INFORMACJI NA TEMAT REKOMENDACJI ER-RIA

Strona projektu EMBOA: <http://emboa.eu/>
Osoba kontaktowa: Agnieszka Landowska, nailie@pg.edu.pl

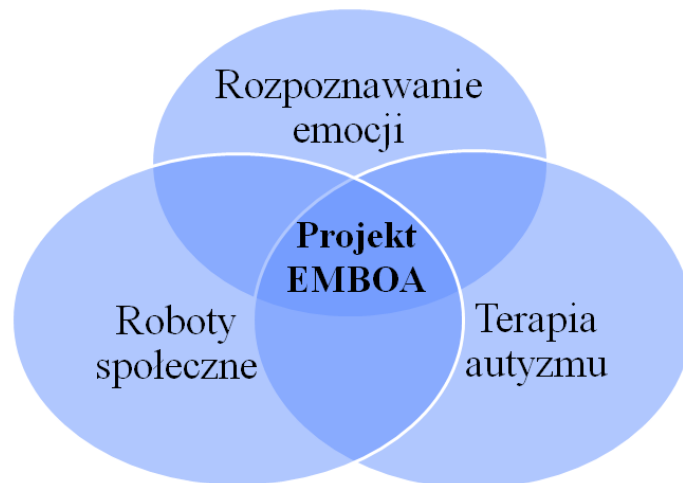
Spis treści

Streszczenie.....	5
Słowa kluczowe.....	5
1. Kontekst i motywacja.....	6
1.1. O dokumencie.....	6
1.2. Motywacje.....	6
1.3. O projekcie.....	7
2. Cel i odbiorcy rekomendacji.....	9
2.1. Cel rekomendacji.....	9
2.2. Grupy docelowe.....	10
3. Metodyka wytworzenia rekomendacji.....	10
3.1. Systematyczne przeglądy literatury.....	10
3.2. Badania obserwacyjne.....	12
4. Rekomendacje.....	15
4.1. Wybór kanałów obserwacji (CH).....	17
4.2. Wiarygodne pozyskiwanie symptomów emocji (SYM).....	20
4.3. Technologie i urządzenia (TECH).....	24
4.4. Aktywności w interwencjach z wykorzystaniem robotów społecznych (INT).....	27
4.5. Przetwarzanie danych o symptomach emocji (PROC).....	30
4.6. Rozpoznawanie emocji dzieci z autyzmem (EMO).....	35
4.7. Metodyka badań z udziałem dzieci z autyzmem (RES).....	37
4.8. Raportowanie badań z udziałem dzieci z zaburzeniami ASD (REP).....	40
5. Ewaluacja rekomendacji.....	42
5.1. Kwestionariusz.....	42
5.2. Grupy fokusowe.....	43
5.3. Ewaluacja przez ekspertów instrumentem AGREE.....	44
5.4. Zmiany pomiędzy wersjami rekomendacji.....	45
6. Zastosowanie rekomendacji.....	46

7. Dalsze prace.....	47
8. Literatura.....	48

Streszczenie

Dokument przedstawia rekomendacje i praktyczną ocenę zastosowania technologii rozpoznawania emocji w interwencji wspieranej przez roboty u dzieci z autyzmem. Rekomendacje zostały opracowane w ramach projektu UE Erasmus Plus EMBOA. Rekomendacje skupiają się na połączeniu technologii rozpoznawania emocji ze społecznymi robotami wspomagającymi terapię. Głównym celem jest dodanie pętli afektywnego sprzężenia zwrotnego do interwencji opartej na robotach w terapii autyzmu.



Słowa kluczowe

roboty społeczne; autyzm; zaburzenia ze spektrum autyzmu (ASD); rozpoznawanie emocji

1. Kontekst i motywacja

1.1. O dokumencie

Dokument zawiera listę rekomendacji i zaleceń dotyczących wykorzystania technologii rozpoznawania emocji w obserwacji interakcji pomiędzy robotem a dzieckiem z autyzmem. Dokument został przygotowany w ramach projektu Unii Europejskiej Erasmus Plus o nazwie EMBOA.

Dokument jest głównym produktem projektu i ma na celu opisanie i wyjaśnienie wniosków wyciągniętych poprzez przegląd literatury i badania obserwacyjne. Dokument został przygotowany w języku angielskim, polskim, macedońskim, niemieckim i tureckim. Dokument jest dostępny bezpłatnie na licencji Creative Commons CC-BY.

Dokument we wszystkich wersjach językowych jest dostępny na stronie projektu EMBOA: <http://emboa.eu/>.

1.2. Motywacje

Autyzm jest trwającym całe życie zaburzeniem, która wpływa na postrzeganie świata przez ludzi i interakcje z innymi. Definiuje się go jako deficyty w komunikacji społecznej i interakcji oraz ograniczone/powtarzające się wzorce zachowań/zainteresowań/ aktywności i dotyczy on 1% populacji (7,5 mln obywateli europejskich). Jest to zaburzenie powodujące trudności w samodzielnym życiu, opiece nad sobą, możliwościach kształcenia i zatrudnienia. Prawie połowa osób z autyzmem ma upośledzenie intelektualne i nigdy nie rozwinie mowy. Nie ma "lekarstwa" na autyzm. Istnieje jednak szereg interwencji mających na celu usprawnienie nauki i rozwoju. Każda interwencja powinna skupiać się na rozwijaniu umiejętności społecznych dziecka, ponieważ wykazano, że kompetencje społeczne są predyktorem długoterminowych wyników u osób z autyzmem. Autyzm jest wysoce heterogenicznym zaburzeniem wymagającym zindywidualizowanych i dostosowanych do każdej osoby interwencji. To, co może być skuteczne dla jednego dziecka, może nie być skuteczne dla drugiego. Bez odpowiedniej interwencji, autyzm może prowadzić do rozpadu rodziny, chorób psychicznych, a członkowie rodziny mogą stać się opiekunami na całe życie.

Dzieci z zaburzeniami ze spektrum autyzmu (ASD) cierpią na liczne deficyty, a ograniczone umiejętności społeczne i naśladowcze należą do tych, które wpływają na ich zdolność do angażowania się w interakcję i komunikację. Ograniczona komunikacja występuje w interakcji człowiek-człowiek i wpływa na relacje z członkami rodziny, rówieśnikami i terapeutami. Umiejętności emocjonalne również należą do tych, które mogą być zaburzone u dzieci z ASD.

Deficyty komunikacyjne u dzieci z autyzmem występują również w komunikacji między dzieckiem a terapeutą podczas interwencji. W ostatnim czasie środowisko naukowe bada obiecujące wyniki interwencji opartych na robotach we wspieraniu rozwoju społecznego i emocjonalnego dzieci z autyzmem. Wykorzystanie robotów jako mediatorów społecznych do angażowania dzieci w zadania, pozwala na stworzenie przewidywalnego i niezawodnego środowiska - przewidywalne zasady są ważne w promowaniu zachowań prospołecznych w autyzmie.

Nie wiadomo, dlaczego dzieci z autyzmem chętnie wchodzi w interakcje z robotami, ale nie z ludźmi. Efekt ten występuje nawet wtedy, gdy roboty mają wygląd zbliżony do człowieka. Niektórzy psychologowie przypisują to zjawisko potrzebie przewidywalności widocznej w autyzmie. Niezależnie od przyczyny, roboty społeczne okazały się sposobem na przełamanie społecznych barier dziecka i zaangażowanie go w interakcję. Kiedy już dojdzie do interakcji, tworzy to niepowtarzalną okazję, by zaangażować dziecko w stopniowe budowanie i ćwiczenie umiejętności społecznych i emocjonalnych.

Społeczna interakcja z robotami może zostać wzbogacona o aspekt emocjonalny, tworząc w procesie terapii pętlę afektywną. Aby pętla afektywna miała miejsce, emocje dzieci z autyzmem powinny być nie tylko wywoływane, ale również postrzegane.

Projekt EMBOA miał na celu przeprowadzenie studium wykonalności i udowodnienie koncepcji wykorzystania robota w połączeniu z technologią automatycznego rozpoznawania emocji jako nowatorskiego narzędzia interwencji dla dzieci z autyzmem.

1.3. O projekcie

Projekt EMBOA (Affective loop in Socially Assistive Robotics as an intervention tool for children with autism) miał na celu opracowanie rekomendacji i praktyczne studium dotyczące zastosowania technologii rozpoznawania emocji w interwencji wspieranej przez roboty u dzieci z autyzmem. Projekt jest finansowany ze środków programu Unii Europejskiej Erasmus Plus Partnerstwo Strategiczne dla Szkolnictwa Wyższego.

Projekt łączy partnerów ze szkolnictwa wyższego specjalizujących się w dziedzinach pracy z dziećmi niepełnosprawnymi, robotyki oraz dostarczania technologii rozpoznawania emocji.

Do partnerów projektu należą:

- Politechnika Gdańska, Polska,
- University of Hertfordshire, Wielka Brytania,
- Istanbul Teknik Universitesi, Turcja,
- Yeditepe University, Turcja,

- Macedonian Association for Applied Psychology, Macedonia Północna,
- University of Augsburg, Niemcy.

Międzynarodowe spotkanie w ramach projektu EMBOA dotyczące robotów społecznych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Interakcja z robotem społecznym Kaspar, szkolenie w ramach projektu EMBOA, Hertfordshire, Wielka Brytania.

Nowością wnoszoną przez projekt jest połączenie obu tych elementów: robotów społecznych i automatycznego rozpoznawania emocji w konkretnych interwencjach u dzieci z autyzmem. Oczekuje się, że stworzona w ten sposób pętla afektywna wzmocni zestaw interwencji ukierunkowanych na umiejętności z zakresu inteligencji emocjonalnej.

Projekt był interdyscyplinarną inicjatywą łączącą robotykę, ICT oraz inne dyscypliny, takie jak nauki kognitywne, psychologia rozwojowa, pedagogika, interfejs człowiek-maszyna i inne, w celu zbadania możliwości technologii odpowiadających na potrzeby dzieci z autyzmem i ich opiekunów. Zastosowanie robotów humanoidalnych w interwencjach dla dzieci z autyzmem jest coraz bardziej popularne w ostatnich latach, a wstępne wyniki badań są bardzo obiecujące. Ponadto, technologia robotów asystujących w interwencjach dla dzieci z autyzmem jest innowacyjna sama w sobie, a naszym celem było również dodanie automatycznego rozpoznawania emocji.

Celem projektu EMBOA było potwierdzenie możliwości zastosowania (ang. feasibility study) technologii interwencji opartych na robotach i rozpoznawaniu emocji. W szczególności celem było zidentyfikowanie najlepszych praktyk i przeszkód w stosowaniu kombinacji tych technologii. Główne pytanie badawcze, na które ma odpowiedzieć projekt to: **Jak skutecznie monitorować, reprezentować i interpretować emocje dzieci przez roboty społeczne, aby ułatwić wywoływanie stanów emocjonalnych wspierających proces interakcji?**

Główne zadania projektu obejmowały:

- Podsumowanie stanu wiedzy (ang. state-of-the-art) na temat rozpoznawania emocji stosowanego w interakcji człowiek-robot w interwencji w autyzmie, na podstawie systematycznego przeglądu literatury;
- Przeprowadzenie studium wykonalności potwierdzającego możliwość zastosowania rozpoznawania emocji w interwencji z udziałem robotów;
- Identyfikacja najlepszych praktyk i wyzwań w stosowaniu kombinacji technologii;
- Opracowanie rekomendacji i studium zastosowania technologii rozpoznawania emocji w interwencji wspieranej przez roboty u dzieci z autyzmem.

2. Cel i odbiorcy rekomendacji

2.1. Cel rekomendacji

Automatyczne rozpoznawanie emocji jest stosunkowo nową dyscypliną o rosnącym zestawie obszarów zastosowań. Jednak wszystkie kanały obserwacji wykorzystywane do rozpoznawania emocji (mimika twarzy, prozodia mowy, sygnały fizjologiczne itp.) charakteryzują się podatnością na manipulacje i zakłócenia. Poziom tych zakłóceń jest dodatkowo zależny od osoby i kontekstu. Zastosowanie rozpoznawania emocji u dzieci z autyzmem nie jest jeszcze dobrze zbadane. Wykorzystanie robota humanoidalnego w połączeniu z technologiami rozpoznawania emocji było przedmiotem zaledwie paru badań. Jest to nowatorskie podejście mające na celu wspieranie i stymulowanie dzieci z autyzmem w zakresie wzmacniania umiejętności emocjonalnych.

Rekomendacje zawarte w niniejszym dokumencie mają na celu podsumowanie wyzwań i zaleceń związanych z wykorzystaniem technologii automatycznego rozpoznawania emocji w interwencji opartej na robotach w autyzmie. Docelowo celem jest uzyskanie **pętli afektywnej**, czyli wyposażenie robotów społecznych w metody postrzegania i wpływania na emocje dzieci z autyzmem w interwencjach. Dokładne rozpoznawanie

emocji w interwencjach z użyciem robotów przyniosłoby znaczące korzyści dzieciom i ich terapeutom. Robot mógłby reagować w czasie rzeczywistym na stan emocjonalny dziecka. Pozwoliłoby to na bardziej naturalną rozmowę z dziećmi, przygotowując je lepiej do rzeczywistych rozmów z rówieśnikami, rodzicami, terapeutami itp. Automatyczne rozpoznawanie emocji mogłoby zmniejszyć ilość ręcznego sterowania robotem potrzebnego poprzez terapeutę w trakcie sesji interwencji wspieranych przez robota. Pozwoliłoby to terapeutom skupić się bardziej na dziecku, aby zmaksymalizować sukces sesji terapii.

2.2. Grupy docelowe

Grupa docelowa rekomendacji jest zróżnicowana, obejmuje **terapeutów i opiekunów**, a także **badaczy i dostawców technologii**.

Terapeuci i opiekunowie mogą dowiedzieć się o możliwościach wzmocnienia terapii dzieci z autyzmem za pomocą nowych technologii - robotów społecznych, automatycznego rozpoznawania emocji oraz kombinacji tych dwóch technologii.

Badacze zarówno z dziedziny technologii, jak i pedagogiki, mogą skorzystać z naszych spostrzeżeń na temat dotychczasowych badań oraz zaleceń dotyczących ich przeprowadzania i raportowania.

Dostawcy technologii mogą uznać za interesujące opcje wzbogacenia robotów społecznych o technologie automatycznego rozpoznawania emocji. Ponadto, dostawcy technologii rozpoznawania emocji mogą skorzystać z naszych obserwacji na temat ograniczeń w stosowaniu tych technologii w postrzeganiu emocji u dzieci z autyzmem.

3. Metodyka wytworzenia rekomendacji

Opracowanie rekomendacji opiera się na kilku metodach. Po pierwsze, dokonano przeglądu literatury, aby zidentyfikować współczesne interwencje w autyzmie z wykorzystaniem robotów społecznych oraz rozpoznać jakie techniki automatycznego rozpoznawania emocji są stosowane u dzieci z autyzmem. Po drugie, przeprowadzono dwie tury badań obserwacyjnych dotyczących interwencji z wykorzystaniem robotów społecznych. Wreszcie, rekomendacje zostały ocenione przy użyciu kwestionariuszy, grup fokusowych oraz instrumentu AGREE II. Rekomendacje były również stosowane podczas drugiej rundy badania obserwacyjnego.

3.1. Systematyczne przeglądy literatury

Opracowanie rekomendacji bazowało na dwóch systematycznych przeglądach literatury. Pierwszy z nich dotyczył zastosowania automatycznego rozpoznawania emocji u dzieci z autyzmem, natomiast drugi rozważał interwencję opartą na robotach społecznych w terapii autyzmu. Celem pierwszego badania było zbadanie stanu wiedzy na temat połączenia terapii

autyzmu i technologii automatycznego rozpoznawania emocji. Zagadnienie to dotyczy tego jak automatycznie rozpoznawać emocje odczuwane przez dzieci z autyzmem, a nie zdolność dzieci do rozpoznawania emocji u innych. Wstępnie wyodrębniono ponad 2000 prac z 7 wyszukiwarek, w tym 50 prac w analizie jakościowej i 27 w analizie ilościowej. Badanie ujawnia pewne spostrzeżenia dotyczące kanałów obserwacji, sposobów i metod stosowanych do rozpoznawania emocji u dzieci z autyzmem. Analiza jakościowa ujawniła ważne wskazówki dotyczące konstrukcji grupy uczestników oraz najczęstszych kombinacji sposobów i metod obserwacji. Badanie może zainteresować badaczy, którzy stosują rozpoznawanie emocji lub wzmacniają metody klasyfikacji afektu w badaniach związanych z autyzmem. Ten systematyczny przegląd literatury ujawnił szereg wyzwań związanych z zastosowaniem rozpoznawania emocji w badaniach nad dziećmi ze spektrum autyzmu. Zidentyfikowano również pewne dobre praktyki. W badaniu zastosowano schemat wykonania i raportowania PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews). Wyniki systematycznego przeglądu literatury zostały opublikowane. [2]

Celem drugiego badania było zbadanie zastosowania robotów społecznych w interwencji dla dzieci z autyzmem. Istniejąca literatura sugeruje, że dzieci z ASD odnoszą korzyści z interwencji opartych na robotach. Jednak badania różniły się znacznie pod względem charakterystyki uczestników, zastosowanych robotów i wyszkolonych umiejętności. Roboty można podzielić na pięć kategorii w oparciu o ich cechy morfologiczne: roboty humanoidalne, zwierzęta/stwory, roboty mobilne, roboty w kształcie kuli i inne. Wśród nich najważniejszą rolę w terapii autyzmu przypisuje się robotom, które mają na celu rozwijanie interakcji u dzieci (zwanymi robotami społecznymi). Niektóre roboty społeczne przedstawiono na rysunku 2. Trzy z nich są humanoidalne, natomiast ostatni to zwierzę (pluszak).



Rys. 2. Przykłady robotów społecznych (kolejno od lewej): Nao, Kaspar, Pepper, Paro

Dokonano przeglądu prac opisujących interwencje oparte na robotach, ukierunkowane na różne umiejętności dzieci z ASD, systematycznie wyszukując wszystkie odpowiednie artykuły opublikowane w bazach danych

Scopus, Web of Science i PubMed. Spośród 609 zidentyfikowanych prac do syntezy zakwalifikowano 60 publikacji, w tym 50 artykułów oryginalnych i 10 artykułów nieempirycznych, w tym artykuły przeglądowe i teoretyczne. Najczęściej wykorzystywanymi robotami były Nao i ZECA. Rozpoznawanie podstawowych emocji i wchodzenie w interakcję były najczęściej trenowanymi umiejętnościami, a szczęście, smutek, strach i złość były najczęściej trenowanymi emocjami. W badaniach odnotowano szeroki zakres wyzwań związanych z interwencją opartą na robotach, począwszy od ograniczeń dla niektórych podgrup ASD i aspektów bezpieczeństwa robotów, aż po wysiłki związane z automatycznym rozpoznawaniem stanu emocjonalnego dzieci przez systemy robotyczne. Na koniec podsumowano zalecenia dotyczące stosowania interwencji opartych na robotach u dzieci z ASD. W badaniu wykorzystano również schemat wykonania i raportowania PRISMA, a wyniki opublikowano. [1]

3.2. Badania obserwacyjne

Do opracowania rekomendacji wykorzystano dwie rundy badań obserwacyjnych, w których zastosowano technologie rejestracji symptomów emocji. Badania odbyły się w ramach projektu EMBOA w Macedonii, Polsce, Wielkiej Brytanii i Turcji. Do przeprowadzenia badań wykorzystano uzgodnione scenariusze i protokoły interakcji. Pierwsza runda badań obserwacyjnych została przygotowana zgodnie z wynikami przeglądu literatury. Następnie dokonano przeglądu danych z badań i odpowiednio sformułowano rekomendacje. Następnie przeprowadzono drugą rundę badań, wprowadzając pewne modyfikacje zgodnie z wyciągniętymi wnioskami.

Założenia dotyczące sesji obserwacyjnych były następujące:

- wszystkie urządzenia powinny być gotowe przed wejściem dziecka do sali;
- z jednym dzieckiem można przeprowadzić wiele sesji (co najmniej 2);
- rekomendowane są sesje zapoznawcze;
- interakcja odbywa się zgodnie z uzgodnioną listą scenariuszy obejmującą aktywności/zadania do wykonania;
- scenariusze zostały przetłumaczone na języki narodowe i w razie potrzeby dostosowane (np. dzieci śpiewają różne piosenki w różnych krajach);
- starano się trzymać się scenariusza, ale dozwolone było podążanie za dzieckiem - przsrywanie lub dodawanie innych interakcji;
- nagrywane jest wideo (w miarę możliwości 2 kamerami), wzrok, głos (2 mikrofonami, klapowym i ogólnym), sygnały fizjologiczne (tętno i przewodność skóry),
- w trakcie sesji zapisywane są najważniejsze obserwacje, a sesja może być później opatrzona adnotacjami;
- dane zostały zapisane i udostępnione (zanonimizowane i zakodowane) w ramach konsorcjum.

Lista przygotowanych scenariuszy obejmowała:

- Scenariusz 1. Pozdrowienia i piosenka ("Happy and you know it" lub równoważna) - scenariusz ten zawiera podstawowe pozdrowienia (hello, bye, how are you, a w języku polskim: cześć, jak się masz, papa) oraz piosenkę podzieloną na wersy; może być wykorzystany do treningu umiejętności witania się, pożegnania, wspólnego śpiewania;
- Scenariusz 2. Emocje - zawiera pokazanie pozy szczęśliwej/ smutnej/ ukrytej/ zaskoczonej wraz z komunikatem głosowym, ale także odpowiedzi dla dziecka pokazującego podobną pozę; może być wykorzystany do treningu naśladowania ruchu, umiejętności rozpoznawania emocji;
- Scenariusz 3. Zwierzęta - zawiera odpowiedzi do wydawania odgłosów zwierząt oraz te odgłosy; może być wykorzystany do treningu wokalizacji, naśladowania dźwięków, zabawy naprzemiennej, odpowiadania na pytania;
- Scenariusz 4. Scenariusz z częściami ciała - zawiera pozy Kaspara pokazujące części ciała wraz z komunikatami głosowymi; może być wykorzystany do treningu naśladowania ruchów, pokazywania części ciała (Kaspara lub własnych), zabawy naprzemiennej;
- Scenariusz 5. Czy potrafisz naśladować Kaspara - zawiera różne pozy Kaspara (ręka w bok, do przodu, do góry, itp.) oraz odpowiedzi do naśladowania ruchów - może być wykorzystany do treningu naśladowania ruchów, zabawy naprzemiennej, gry pamięciowej (ang. memory game);
- Scenariusz 6. Naśladowanie dźwięków - zawiera wybrane litery (samogłoski), sylaby i proste słowa z odpowiedziami do powtórzenia przez dziecko; może być wykorzystany do treningu wokalizacji, podstawowych umiejętności mowy, naśladowania dźwięków, zabawy naprzemiennej i gry pamięciowej.

Dodatkowo każdy ze scenariuszy zawierał podstawowe odpowiedzi i wzmocnienia: świetnie, brawo, dziękuję, trąbka + brawo, "au, to boli", twoja kolej. Służą one do zachęcenia dziecka do śledzenia scenariusza i interakcji z Kasparem. Sesję rozpoczynano od "Cześć", a kończono "Do zobaczenia". Kolejność scenariuszy może być zmieniona.

Wszyscy partnerzy z czterech krajów przeprowadzający badania używali tego samego zestawu sprzętu, zgodnie z ustaleniami projektu, w celu zapewnienia zgodności obserwacji. Sprzęt, który wykorzystano w badaniach obserwacyjnych, podano poniżej:

- opaska biometryczna Affectiva E4;
- okulograf (ang. eye-tracker) Gazepoint GP3;
- 2 mikrofony: Zoom H4n Pro (ogólny) oraz AKG C 417 L (przyпинany na ubraniu) wraz z adapterem;
- 1 kamera (1. faza pomiarów) i 2 kamery (2. faza).

Poszczególne urządzenia zostały wybrane na etapie składania propozycji projektu i niektóre z nich okazały się dobrym wyborem. Proszę zwrócić

uwagę, że rekomendacje nie sugerują użycia żadnego z tych urządzeń, ale raczej podano je dla przyszłego odniesienia (i być może replikacji) badania. Interesujące mogą być kryteria, które zastosowano przy wyborze urządzeń, a są one następujące:

- jak najmniejsza inwazyjność pomiaru dla dziecka;
- możliwość długotrwałych pomiarów;
- odporność na zakłócenia;
- funkcja eksportu danych;
- stosunek jakości do ceny.

Podczas drugiej tury badań zastosowano wybrane rekomendacje i wprowadzono pewne modyfikacje do sesji obserwacyjnych:

- użycie 2 kamer (frontalnej blisko dziecka) i ogólnej (widok sceny);
- regulacja położenia i kąta kamery oraz informowanie zarówno o rozdzielczości, jak i kącie ustawienia obiektywu kamery;
- stosowanie (jeśli to możliwe) kamer alternatywnych (wybrani partnerzy);
- eliminacja okulografu skutkująca tym, że Kaspar siedzi niżej - i próba uzyskania danych o spojrzeniu z przedniego obrazu wideo RGB;
- pozbycie się mikrofonu klapowego i zastosowanie wyłącznie mikrofonu ogólnego (ponieważ nie uzyskano lepszych wyników z mikrofonu klapowego);
- nagrywanie próbek głosu dziecka, szumu pomieszczenia, szumu robota i mowy;
- dostosowanie procedury synchronizacji sygnałów.

W badaniu wzięło udział łącznie 65 dzieci z ASD w wieku od 4 do 12 lat. Odnotowaliśmy również: wiek rozwojowy, rodzaj i długość dotychczasowej terapii, współchorobowość, posiadanie rodzeństwa, ocenę: rozumienia języka, umiejętności werbalnych, znajomości zwierząt, znajomości części ciała.

4. Rekomendacje

Wskazówki, które uzyskano z przeglądów literatury oraz z przeprowadzonych przez nas sesji obserwacyjnych zostały następnie zintegrowane i podsumowane w formie rekomendacji.

Rekomendacje zostały podzielone na następujące kategorie w celu usystematyzowania i ułatwienia ich wyszukiwania:

1. Rekomendacje dotyczące wyboru kanałów obserwacji (oznaczone jako CH).
2. Rekomendacje dotyczące wiarygodnego pozyskiwania symptomów emocji (SYM)
3. Rekomendacje dotyczące stosowanych technologii i urządzeń (TECH)
4. Rekomendacje dotyczące aktywności w interakcji z robotem społecznym, które umożliwią prawidłową rejestrację symptomów (INT)
5. Rekomendacje dotyczące przetwarzania danych o symptomach emocji (PROC)
6. Rekomendacje dotyczące rozpoznawania emocji u dzieci z autyzmem (EMO)
7. Rekomendacje dotyczące projektowania badań nad rozpoznawaniem emocji, robotami i dziećmi z autyzmem (RES)
8. Rekomendacje dotyczące raportowania badań nad rozpoznawaniem emocji, robotami i dziećmi z autyzmem (REP)

Rekomendacje są ponumerowane dla łatwiejszego odniesienia, a dla łatwiejszej identyfikacji przypisany jest również kod kategorii. Oprócz skategoryzowanych obserwacji, na początku znajdują się 3 rekomendacje ogólne (GEN).

Rekomendacja GEN1:

Podążaj za dzieckiem i celem terapeutycznym

Interwencja z wykorzystaniem robotów, podobnie jak uzyskiwanie sygnałów do rozpoznawania emocji, wymaga urządzeń technologicznych. Sprawia to, że środowisko interwencji staje się bardziej złożone, a urządzenia wymagają pewnej uwagi ze strony operatora. Rekomendacja ta oznacza, że należy na pierwszym miejscu postawić dziecko i potrzeby terapii. **To nie dziecko ani terapia powinny być dostosowywane do wymagań technologii rozpoznawania emocji. Zamiast tego, konfiguracja rozpoznawania emocji powinna podążać za celem terapeutycznym dziecka.**

Analizując różnorodność badań nad rozwojem rzeczywistych zastosowań rozpoznawania emocji w terapii autyzmu, zidentyfikowano pytania, które warto zadać przed przystąpieniem do badania:

- W jakim celu rozpoznawane są emocje - czy po to, aby lepiej zrozumieć zjawiska emocji, wesprzeć interwencję, czy też dostosować zachowanie technologii (robota, aplikacji)?
- W jaki sposób rozpoznawanie emocji pomogłoby rozwijać umiejętności lub wspierać zabawę u dzieci z autyzmem?
- Trening jakiej umiejętności wymagałby automatycznego rozpoznawania emocji? [1]

Rekomendacja GEN2:

Zacznij planowanie od pytania o to, jakie stany emocjonalne dziecka chcesz znać.

Na początku należy zastanowić się, co chcemy monitorować i czego chcemy się dowiedzieć o stanach emocjonalnych dziecka. Po zdefiniowaniu, jakie stany emocjonalne dziecka nas interesują, można dobrać i dostosować technologię. Być może łatwiej będzie wykryć tylko wybrane stany emocjonalne.

W badaniach psychologicznych nie ma jednoznacznej definicji emocji człowieka [28]. Powszechnie akceptowana jest jednak koncepcja emocji dyskretnych. Istnieje wiele modeli reprezentacji emocji [29]. Większość prac wykorzystuje dwa modele emocji: podstawowe emocje Ekmana (radość, złość, strach, obrzydzenie, smutek, zaskoczenie) [30] i/lub dwuwymiarowy model wartościowości i pobudzenia. W pracach dotyczących podstawowego modelu Ekmana najczęściej wykorzystywany jest jego podzbiór, a nie pełny zestaw emocji. W pracach używa się różnych sformułowań do nazywania emocji i należy zwrócić dodatkową uwagę na ich znaczenie w danym badaniu. Zestaw emocji wynikających z procesu rozpoznawania nie ogranicza się do tych opisanych przez te dwa modele. Niektóre badania, oprócz emocji, uwzględniały również nastroje, stany psychiczne (takie jak koncentracja), a nawet głód. Bardziej szczegółowe informacje o analizowanych stanach i ich współwystępowaniu są zawarte w publikacji [2].

Czasami zestaw sześciu podstawowych emocji (szczęśliwy, przestraszony, zły, zaskoczony, zdegustowany, smutny) jest dobry na początek, ale może nie wystarczyć dla danego celu badania lub interwencji. W niektórych badaniach podawano zaangażowanie i wczesne objawy stresu jako najbardziej istotne [31, 32].

Rekomendacja GEN3:

Zadbaj o ochronę praw dziecka

Bez względu na cel interwencji i/lub badania należy pamiętać, że prawa dziecka muszą być chronione. Przede wszystkim dziecko ma prawo do uzyskania najlepszej dostępnej terapii.

Kolejną kwestią jest ochrona prywatności dziecka. Według GDPR (<https://gdpr-info.eu>) dane osobowe to wszelkie informacje dotyczące zidentyfikowanej lub możliwej do zidentyfikowania osoby fizycznej. Identyfikatory, takie jak imię i nazwisko, numery identyfikacyjne czy adres, nie powinny być eksponowane. Należy uzyskać świadomą zgodę od opiekunów z oddzielną zgodą na publikację wyników, wokalizacji lub obrazów twarzy. Należy również rozważyć inne zagrożenia etyczne. Ważne jest, aby dziecko mogło w każdym momencie zrezygnować z interakcji. Należy również rozważyć ryzyko techniczne, które zagraża bezpieczeństwu (patrz TECH1). W razie potrzeby należy uzyskać zgodę komisji etycznej.

4.1. Wybór kanałów obserwacji (CH)

Wywoływane przez emocje reakcje układu nerwowego organizmu człowieka powodują zmiany w czynnościach życiowych, które generują modalności, takie jak ekspresja twarzy, postawa ciała, wokalizacja, rytm serca, przewodnictwo skóry czy temperatura obwodowa. Te obserwowalne informacje, na podstawie których można zidentyfikować objawy emocji, mogą być uzyskane z wielu kanałów. **Kanał** to nośnik za pomocą którego rejestrowany jest sygnał, taki jak np. wideo czy głos. **Modalność** jest natomiast rodzajem informacji obserwowalnej i używanej jako środek pośredni do rozpoznawania emocji. W poprzednich badaniach do rozpoznawania emocji wykorzystywane były następujące modalności.

- ruch: mimika twarzy, postawa ciała, ruch gałek ocznych, ruch głowy, gesty (zwane również ruchami rąk) oraz każdy inny niesklasyfikowany wcześniej ruch;
- wyrażenia dźwiękowe: wokalizacje, prozodia mowy;
- aktywność serca: rytm serca, HRV (heart rate variability);
- aktywność mięśni niezwiązana z ruchem: napięcie mięśni;
- pocenie: przewodnictwo skóry
- oddychanie: intensywność i okresowość;
- regulacja termiczna: temperatura obwodowa;
- aktywność mózgu: aktywność neuronalna. [2]

Rekomendacja CH1:

Przy wyborze kanału obserwacyjnego należy wziąć pod uwagę rodzaj aktywności, stan dziecka i kontekst.

Przydatność kanałów obserwacyjnych do rozpoznawania emocji jest ściśle związana z obserwowanymi czynnościami.

Dlatego przy wyborze kanałów należy rozważyć rodzaj interakcji planowanej między dzieckiem a robotem. Na przykład użycie kamery RGB podczas interakcji obejmującej ruch dziecka, takiej jak ćwiczenia fizyczne, może nie dostarczyć wystarczających danych do rozpoznania emocji, ze

względu na wychodzenie poza pole widzenia kamery lub brak widocznej twarzy dziecka.

Kolejną okolicznością, którą należy wziąć pod uwagę, jest stan dziecka. Niektóre dzieci z zaburzeniami ze spektrum autyzmu mogą odmawiać kontaktu fizycznego, co uniemożliwia założenie urządzeń rejestrujących dane fizjologiczne, takich jak opaska na rękę. Należy również brać pod uwagę umiejętność mowy i poziom funkcjonowania dziecka.

Wybór kanałów obserwacji powinien uwzględniać także kontekst (m.in. miejsce, czas) prowadzonego badania.

Rekomendacja CH2:

Kanały obserwacyjne mogą nie dostarczać użytecznych danych podczas całej obserwacji.

Niezależnie od wykorzystywanego kanału, może się zdarzyć, że okresowo zabraknie niektórych danych. Przyczyny takiej sytuacji będą różne w zależności od używanych kanałów lub urządzeń. Na przykład podczas rejestrowania obrazów za pomocą kamery RGB osoba badana może wyjść poza pole widzenia, patrzeć w dół lub w bok, lub mieć częściowo zakrytą twarz. Podczas zbierania danych fizjologicznych za pomocą opaski szybkie ruchy rąk lub wiercenie się mogą powodować błędne odczyty. Są to sytuacje, których nie da się uniknąć, i które są nieodłącznym elementem podczas nagrywania dzieci.

Trzeba być świadomym takich zagrożeń i odpowiednio postępować z przetwarzaniem danych. Zaleca się monitorowanie jakości danych dostarczanych przez poszczególne kanały w czasie i usuwanie przedziałów czasowych, w których objawy nie są wyraźnie widoczne. Można rozważyć obserwację multimodalną (patrz CH3) lub zwielokrotnienie jednej modalności, np. za pomocą wielu kamer (patrz SYM2), aby uzyskać większą dostępność.

Rekomendacja CH3:

Rozważ możliwość obserwacji multimodalnej pod kątem niezawodności i dostępności

Jako że który z kanałów może być czasowo niedostępny (rekomendacja CH1), oczywistym rozwiązaniem jest wykorzystanie kilku kanałów lub urządzeń.

Można wyróżnić obserwację wielokanałową i wielomodalą. Pierwsza z nich odnosi się do liczby urządzeń wykorzystywanych do rejestrowania obserwowalnych objawów, np. użycie kombinacji kamery i mikrofonu, ale także użycie wielu kamer. Drugi odnosi się do analizy różnorodnych

objawów np. mimiki twarzy, prozodii mowy. Należy pamiętać, że obserwacja wielomodalna (np. mimika twarzy i prozodia mowy) może być prowadzona w oparciu o jeden kanał (obie modalności pobierane z jednej kamery) lub wiele kanałów (z wykorzystaniem zarówno kamery, jak i mikrofonu).

Multimodalna (lub wielokanałowa) analiza emocji zapewnia większą dostępność i wiarygodność. Jeśli chodzi o dostępność - im więcej urządzeń jest używanych, tym większe prawdopodobieństwo, że przynajmniej jedno z nich dostarczy cennych informacji o objawach emocjonalnych. Co więcej, multimodalne systemy rozpoznawania emocji oferują wyższą dokładność klasyfikacji niż rozwiązania oparte na jednej modalności [6]. Dlatego, jeśli jest to wykonalne, wskazane jest wykorzystanie wielu kanałów podczas obserwacji w celu zebrania różnych modalności.

Po zastosowaniu obserwacji multimodalnej lub wielokanałowej pojawia się kilka innych wyzwań dotyczących syntezy danych z kanałów (proszę zapoznać się z rekomendacjami PROC1 i PROC2).

Rekomendacja CH4: Ogranicz liczbę urządzeń

Dzieci z autyzmem zazwyczaj lubią powtarzalne, jednakowe otoczenia. Wszelkie ingerencje, w tym urządzenia zakładane na ciało, aparatura w pomieszczeniu, czy dodatkowe osoby, mogą skutkować odmową uczestnictwa lub powodować odmienne od zwyczajnego zachowanie. Na przykład w badaniu dotyczącym rozpoznawania uśmiechu wykorzystano bezprzewodowe urządzenie EMG umieszczane na twarzy dziecka. W badaniu tym podano jednak, że tylko 70% dzieci zgodziło się na noszenie urządzeń EMG na twarzy [33], co oznacza, że reszta odmówiła. Ponadto w badaniu tym nie zmierzono wpływu założenia urządzenia na zachowanie dziecka.

Im więcej urządzeń będziesz używać, tym większe prawdopodobieństwo, że dziecko odmówi udziału w badaniu ze względu na nowość i złożoność środowiska (kamery, komputery, kable, dodatkowe osoby w sali). Mamy świadomość, że ta wytyczna stoi w opozycji do poprzedniej (CH2). Istnieje kompromis pomiędzy uzyskaniem niezawodności i dostępności a prostotą środowiska.

Można rozważyć wykorzystanie jednego urządzenia do przechwytywania wielu modalności. Na przykład, obraz wideo RGB umożliwia zbieranie danych dotyczących mimiki twarzy, postawy ciała czy gestów [2]. Można również rozważyć zebranie danych dotyczących ruchu gałek ocznych z wideo zamiast używać kosztownych i trudnych do skalibrowania urządzeń typu eye-tracker. Dźwięk można również uzyskać z wysokiej jakości kamery

wideo, aby uniknąć potencjalnie rozpraszających mikrofonów na stole przed dzieckiem lub na jego ubraniu.

Przykładem minimalnego zestawu urządzeń, które dostarczałyby danych multimodalnych może być kamera RGB oraz opaska rejestrująca biosygnaly. Za pomocą kamery możliwe jest uzyskanie modalności związanych z ruchem (np. mimika twarzy, spojrzenie oczu, ruch głowy) i dźwiękiem (np. prozodia mowy, wokalizacja). Z kolei za pomocą opasek można rejestrować różne biosygnaly (np. tętno, przewodność skóry, temperaturę) [2].

4.2. Wiarygodne pozyskiwanie symptomów emocji (SYM)

Druga grupa zidentyfikowanych wyzwań dotyczy sytuacji, w której dane zebrane za pomocą różnych urządzeń nie będą zawierały wystarczających informacji, aby rozpoznać objawy emocji. Dotyczy to na przykład śledzenia ruchu gałek ocznych, które jest trudne do skalibrowania, ale także innych modalności. Ponadto proces gromadzenia danych o objawach emocji jest podatny na wiele czynników zaburzających, które mogą wpływać na wiarygodność obserwacji. Dlatego warto zwrócić uwagę na warunki rejestracji objawów, które są ściśle powiązane z rodzajem wykorzystywanych modalności.

Rekomendacje dotyczące pozyskiwania mimiki twarzy dziecka

Rekomendacja SYM1:
Dostosuj odległość między twarzą dziecka a kamerą do rozdzielczości kamery.

W celu rozpoznania emocji na podstawie mimiki twarzy cała twarz dziecka musi być widoczna jako fragment uzyskanego obrazu wideo. Na pojedynczej klatce filmu wideo, twarz dziecka powinna stanowić przynajmniej 10% całego obrazu. Przykładowo, przy zastosowaniu typowej małej kamery internetowej, twarz dziecka powinna znajdować się w odległości około 1-1,5 m od obiektywu kamery. Odległość ta może być regulowana w zależności od rozdzielczości i kąta ustawienia kamery. Można również rozważyć zastosowanie teleobiektywu. W przeciwnym razie skuteczność rozpoznawania emocji na podstawie wyrazu twarzy spada.

Jak już wcześniej wspomniano, niektóre rozwiązania automatycznego rozpoznawania emocji wymagają, aby twarz stanowiła przynajmniej pewien ułamek całego obrazu sceny. Możliwe jest jednak przycięcie i powiększenie twarzy w postprodukcji, jednak jest to czasochłonne i może skutkować niską jakością obrazu w przypadku zastosowania do materiału wideo o niskiej rozdzielczości. Zamiast tego należy ustawić kamerę blisko twarzy

dziecka i sprawdzić parametry rozdzielczości kamery, aby uzyskać optymalne nagranie.

Z drugiej strony, odległość kamery od twarzy może być zbyt mała w przypadku kamer o małym kącie widzenia. W takich warunkach dziecko poruszające się do przodu lub na boki (co jest niemożliwe do wyeliminowania) może skutkować nagraniem tylko fragmentu twarzy, co również utrudnia automatyczne rozpoznawanie emocji. Zastosowanie kamer szerokokątnych może być rozwiązaniem tego problemu.

Sprawdź widoczność całej twarzy i rozmiar twarzy dziecka w odniesieniu do całości obrazu przed rozpoczęciem nagrywania, aby uzyskać najlepsze wyniki rozpoznawania.

Rekomendacja SYM2:

Użyj więcej niż jednej kamery i ustaw przynajmniej jedną z nich bezpośrednio przed dzieckiem

Chociaż w rekomendacji CH3 zalecamy stosowanie jednego urządzenia do rejestrowania wielu modalności, należy jednak pamiętać, że obserwacja za pomocą jednej kamery również jest narażona na pewne ryzyko. Na przykład, gdy dziecko porusza się po pokoju lub nawet obraca na boki w pozycji siedzącej, jedna kamera może nie wystarczyć do uchwycenia objawów podczas całej obserwacji. Należy rozważyć umieszczenie różnych kamer w różnych miejscach, aby zwiększyć czas rejestracji twarzy dziecka pod odpowiednim kątem. Pojedyncza kamera umieszczona zbyt wysoko lub z boku umożliwi nagranie sceny, ale nie zapewni wystarczającej jakości obrazu twarzy. Kątowy lub nachylony widok może również utrudnić analizę mimiki twarzy. W przypadku korzystania z więcej niż jednej kamery należy zwrócić uwagę na wyzwania związane z synchronizacją (patrz PROC1 i PROC2).

Na skuteczność rozpoznawania emocji na podstawie analizy ekspresji twarzy istotny wpływ ma położenie kamery względem twarzy [7]. Przykładowo, ustawienie kamery wysoko nad twarzą powoduje nadreprezentację emocji złości, a zbyt niskie położenie emocji zaskoczenia. Podobna tendencja może wystąpić przy ustawieniu kamery pod zbyt dużym kątem w orientacji poziomej. Dlatego też, zwłaszcza gdy używana jest tylko jedna kamera, powinna być umieszczona możliwie jak najbardziej na wprost twarzy dziecka.

W przypadku zastosowania wielu kamer, dodatkowe kamery boczne mogą rejestrować inne wzorce zachowania, takie jak postawa i gesty.

Dla uzyskania lepszych wyników automatycznego rozpoznawania emocji ogranicz obecność innych osób w polu widzenia kamery.

Rekomendacja SYM3:

Maski, okulary i inne elementy zasłaniające twarz utrudniają, a czasem wręcz uniemożliwiają rejestrację prawdziwej ekspresji twarzy do analizy emocji.

Elementy zasłaniające twarz mogą znacząco zmniejszyć skuteczność rozpoznawania emocji na podstawie analizy ekspresji twarzy. Do najczęstszych należą okulary, zwłaszcza te z grubymi oprawkami. Fryzury z długimi grzywkami, które zasłaniają oczy, również wpływają na rozpoznawanie twarzy, a tym samym ekspresji emocjonalnej. Ze względu na pandemię, na tą listę należy wpisać maseczki.

W miarę możliwości należy starać się ograniczyć elementy zasłaniające twarz, np. poprzez zdjęcie maski w bezpiecznym otoczeniu lub przesunięcie włosów. Jednak w niektórych przypadkach nie będzie to możliwe (okulary, czasem maska). Dlatego ważne jest zaraportowanie takiej sytuacji, aby podczas przetwarzania zebranych danych uwzględnić prawdopodobną niską dokładność rozpoznawania emocji w tej modalności.

Rekomendacja SYM4:

Dostosuj poziom oświetlenia twarzy dziecka.

Podczas nagrywania wideo ważne jest zapewnienie odpowiednich warunków oświetleniowych. Nadmierne oświetlenie będzie skutkowało prześwietleniem, co spowoduje utratę szczegółów obrazu, w tym np. rysów twarzy, które są kluczowe dla rozpoznawania emocji na podstawie wyrazu. Z drugiej strony słabe oświetlenie spowoduje niedoświetlenie, co wiąże się z utratą cieni, które również pozwalają na wykrycie cech twarzy. Prześwietlenie, niedoświetlenie i nierównomierne oświetlenie mają bardzo niepożądane efekty, które mogą znacząco obniżyć skuteczność metod rozpoznawania emocji na podstawie ekspresji twarzy.

Przed rozpoczęciem sesji z dziećmi należy sprawdzić warunki oświetleniowe, nagrywając testowe wideo. Dostosuj oświetlenie, aby dobrze uchwycić szczegóły twarzy, takie jak nos, brwi i usta. Zwróć uwagę na położenie okien (które nie są dobre jako tło i mogą powodować nierównomierne oświetlenie twarzy, jeśli dziecko siedzi bokiem).

Rekomendacje dotyczące pozyskiwania wokalizacji dziecka

Rekomendacja SYM5:

Wybierz ciche pomieszczenie - kontroluj poziom hałasu zewnętrznego i ograniczaj hałas generowany wewnątrz pomieszczenia.

W celu uzyskania wysokiej jakości danych głosowych dzieci, sesje terapeutyczne powinny odbywać się w cichym otoczeniu z niewielkim hałasem w tle. Należy unikać np. hałasu z pobliskich ulic, placów zabaw itp.

Pomocne w kontrolowaniu poziomu hałasu z zewnątrz może być umieszczenie przed pomieszczeniem tabliczki informacyjnej z prośbą o zachowanie ciszy, ze względu na odbywającą się właśnie sesję badawczą/terapeutyczną. Jeśli to możliwe, pamiętaj o zamknięciu okien w momencie rozpoczęcia zbierania danych.

Jeśli to możliwe, nie wybieraj do badania / terapii pomieszczenia o dużym pogłosie (echo). Pomocne może być umieszczenie zasłon przed oknami, wstawienie mebli pochłaniających hałas i/lub udekorowanie pokoju przedmiotami takimi jak miękkie zabawki czy poduszki (ale nie za dużo, bo mogą rozpraszać). To ostatnie może również pomóc dziecku poczuć się bardziej komfortowo.

Staraj się wyeliminować dźwięki wydawane przez krzesła, stoły, drzwi, meble, czy okna. Oto kilka przykładów, jak to zrobić: Zamknij okno przed rozpoczęciem zbierania danych, umieść wszystkie potrzebne zabawki itp. obok siebie na stole, czy w torbie, tak abyś nie musiał wstawać i wyciągać tych przedmiotów z szafki podczas sesji interwencyjnej. Umieść dywaniki pod stołem, krzesłami i stopami wszystkich osób znajdujących się w pomieszczeniu.

Zalecane jest również poproszenie terapeuty i rodziców o wytwarzanie jak najmniejszego hałasu butami, rękami, czy używanymi przedmiotami.

Przy ustawianiu mikrofonu należy zwrócić uwagę na hałas w tle: Nie zaleca się ustawiania mikrofonu na stołach lub ubraniach, które wytwarzają głośny hałas po dotknięciu lub poruszeniu, ponieważ może to obniżyć jakość wykrywalnej wokalizacji dziecka.

Rekomendacja SYM6:

Ogranicz współwystępowanie głosu dziecka i drugiej osoby.

Rozpoznawanie emocji na podstawie sygnału audio korzysta z detekcji aktywności głosowej [9]. Detekcja głosu dziecka jest jednak utrudniona, jeśli głos dziecka współwystępuje z głosami innych osób [10]. Dlatego zalecamy zmniejszenie liczby osób obecnych w pomieszczeniu podczas sesji interwencyjnej. Prawdopodobnie nie jest możliwe ograniczenie wypowiedzi

terapeuty, ale można rozważyć poproszenie towarzyszących rodziców, aby starali się nie rozmawiać jednocześnie z dzieckiem podczas interwencji. Ponadto terapeuta i rodzice powinni unikać jednoczesnego rozmawiania i powinni być zachęceni do odkładania na koniec sesji niepotrzebnych rozmów, tzn. takich, które nie są związane z przebiegiem bieżącej sesji terapeutycznej.

Zaleca się odnotowanie liczby osób dorosłych obecnych podczas sesji terapeutycznej dla celów badawczych.

Rekomendacja SYM7:
Dostosuj położenie mikrofonu do miejsca, w którym znajduje się dziecko i inne obecne osoby.

W celu zarejestrowania wysokiej jakości danych głosowych dziecka ważne jest, aby ustawić mikrofon bliżej dziecka niż innych osób i robota, ponieważ pomaga to zwiększyć głośność głosu dziecka w porównaniu z innymi głosami. Terapeuta powinien siedzieć jak najdalej od mikrofonu. Jeśli dziecko mówi bardzo cicho, można zachęcić je do mówienia głośniej, aby umożliwić robotowi przetwarzanie głosu dziecka.

4.3. Technologie i urządzenia (TECH)

Wybór, zapoznanie się i konfiguracja urządzeń, których używaliśmy do rejestracji objawów rozpoznawania emocji podczas naszych badań obserwacyjnych, stanowiły dla nas spore wyzwanie. Dlatego te wytyczne są dość specyficzne w odniesieniu do urządzeń.

Rekomendacja TECH1:
Zapewnij dziecku bezpieczne i nierozprasające środowisko.

Środowisko obserwacji powinno być bezpieczne, przede wszystkim dla dziecka, ale także dla robota i urządzeń rejestrujących. Należy wcześniej zaaranżować otoczenie. Robot powinien być usytuowany stabilnie i bezpiecznie, aby interakcja z dzieckiem nie spowodowała jego niekontrolowanego przewrócenia. Należy również zwrócić uwagę na przewody podłączonych urządzeń. Jeśli to możliwe, nie należy umieszczać ich obok dzieci, aby uniknąć potknięcia, jak również zniszczenia środowiska pomiarowego poprzez pociągnięcie za kabel. Dla dzieci z ASD takie zdarzenia jak upadek robota lub urządzenia pomiarowego mogą wywołać ostrą reakcję.

Poza bezpieczeństwem, punktem do rozważenia jest również rozproszenie uwagi dziecka. Dlatego należy unikać ekspozycji na zbędne elementy środowiska pomiarowego. Komputery i rejestratory mogą być ukryte za

panelem, zasłoną lub nawet w kartonie, a kable mogą być przyklejone do podłogi. Dywaniki mogą również pomóc w ukryciu kabli na podłodze.

Rekomendacja TECH2:

Wybierz urządzenia w oparciu o komfort dziecka i wysiłek związany z konfiguracją urządzenia.

Niektóre narzędzia lub urządzenia wymagają skomplikowanej procedury konfiguracji, aby prawidłowo rejestrować i przetwarzać dane. Ponadto niektóre z nich mogą być niepokojące dla dziecka (patrz TECH4).

Możliwe, że wykrywanie aktywności głosowej nie działa dobrze w przypadku wszystkich typów mikrofonów. Sprawdź wydajność wykrywania aktywności głosowej, zwłaszcza jeśli planujesz używać mikrofonów, które mogą przeszkadzać dzieciom z ASD, takich jak mikrofony przypinane do ubrania. W naszej pierwszej rundzie obserwacji mikrofon klapowy nie dodał więcej informacji o wokalizacjach niż mikrofon zewnętrzny [10], więc postanowiliśmy nie używać go podczas drugiej rundy, ponieważ przeszkadzał dziecku.

Innym przykładem jest urządzenie śledzące ruchy gałek ocznych (eye-tracker), które wymaga od dziecka, aby stało/siedziało nieruchomo i skupiało się na serii punktów wyświetlanych na ekranie w odpowiednim czasie. Taką procedurę kalibracji trudno jest wykonać dziecku, a jeszcze trudniej dziecku z autyzmem. Zaleca się wykonanie jednej z następujących czynności: (1) znaleźć urządzenie (eye-tracker), które nie wymaga procedury kalibracji lub jest odporne na pewne błędy w kalibracji; (2) spróbować poeksperymentować z procedurą kalibracji, aby uprościć ją dla dziecka; (3) używać eye-trackera tylko ze starszymi i wyżej funkcjonującymi dziećmi.

Należy pamiętać, że niektóre eye trackery (ale nie wszystkie) mają wąskie pole rejestracji i analizy obrazu. Ponadto mogą wymagać, aby dziecko nie poruszało się (do przodu/tyłu lub na boki), co jest trudne do uzyskania. Dlatego zawsze wskazane jest eksperymentowanie z urządzeniem i testowanie go w warunkach praktycznych przed rozpoczęciem sesji z dzieckiem. Trudno jest skalibrować urządzenie i dla większości dzieci uzyskane dane były trudne do analizy podczas naszych badań obserwacyjnych.

Rozważ alternatywne podejście do uzyskania określonej modalności - na przykład istnieją algorytmy pozwalające na pozyskanie danych związanych z ruchami gałek ocznych z obrazu wideo [34].

Rekomendacja TECH3:

W przypadku urządzeń, które muszą być założone na dziecko (na ręce, przymocowane do ubrania), należy rozważyć etap osvajania

Weź pod uwagę, że niektóre dzieci mogą czuć się niekomfortowo z niektórymi urządzeniami, zwłaszcza jeśli wymagają one noszenia na ciele lub ubraniu. Dlatego postaraj się znaleźć urządzenia, które nie wymagają umieszczenia na ciele lub ubraniu dziecka. Jeśli nie jest to możliwe, wskazany jest proces osvajania, który może być zindywidualizowany w zależności od konkretnych potrzeb dziecka.

Na przykład, dla wielu dzieci z ASD kłopotliwe może być umieszczenie mikrofonu na ubraniu. Dlatego dokładnie oceń, czy taki mikrofon jest potrzebny do osiągnięcia celów badania/terapii. Jeśli tak, spróbuj poszukać sposobów na oswojenie dzieci z urządzeniem. Na przykład, pomocne może być posiadanie podobnych mikrofonów (lub atrapy) dla robota, terapeuty i opiekuna. Niektórym dzieciom można zasugerować, że robot słyszy je tylko wtedy, gdy noszą ten mikrofon.

W przypadku urządzeń, które przechwytyją sygnały fizjologiczne (takich jak opaska E4, którą wykorzystaliśmy w naszych badaniach) wybierz takie, które nie mają kabla. Opaski na rękę są dobrym rozwiązaniem, ponieważ wyglądają jak zegarek i mogą być łatwiej zaakceptowane przez dziecko. Ponadto, niektórym dzieciom może pomóc poczuć się komfortowo, jeśli badacz/terapeuta lub opiekun najpierw pokaże im urządzenie, pozwoli nacisnąć przycisk itp. Dla innych dzieci pomocne może być owinięcie opaski w delikatną kolorową tkaninę. Inną możliwością jest założenie podobnych opasek (lub manekinów) na Kaspara, terapeutę i opiekuna, tak aby opaski stały się czymś szczególnym w tym konkretnym kontekście.

Należy pamiętać, że dzieci mają tendencję do manipulowania urządzeniami, które mogą dotrzeć ręką (np. opaska na rękę, mikrofon na klapie). Dzieje się tak tym bardziej, jeśli na początku widzą, jak włączyć lub wyłączyć urządzenie. Dlatego pokazuj dziecku, jak działa dane urządzenie, tylko wtedy, gdy nie pomaga żaden inny sposób osvajania.

Rekomendacja TECH4:

Dostosuj poziom nagrywania mikrofonu tak, aby głos dziecka był dobrze uchwycony

Jeśli poziom zapisu audio w mikrofonie jest niski, wykrywanie aktywności głosowej dziecka może nie działać prawidłowo, co skutkuje brakiem lub tylko kilkoma wykrytymi wokalizacjami dziecka. Przed rozpoczęciem sesji obserwacyjnej należy starannie dobrać ustawienia. Dostosuj konfigurację mikrofonu do pomieszczenia, hałasu w tle, lokalizacji mikrofonu i głośności głosu dziecka. Zaleca się przeprowadzenie sesji testowej przed sesjami obserwacyjnymi (bez dziecka).

4.4. Aktywności w interwencjach z wykorzystaniem robotów społecznych (INT)

Istnieją obiecujące wyniki wykorzystania robotów do wspierania rozwoju społecznego i emocjonalnego dzieci z ASD. Roboty jako mediatorzy społeczni angażujący dzieci w zadania pozwalają na stworzenie przewidywalnego i niezawodnego środowiska; np. posiadanie przewidywalnych zasad jest ważnym warunkiem promowania zachowań prospołecznych. Nie wiemy dokładnie, dlaczego dzieci z ASD chętniej wchodzi w interakcje z robotami wyglądającymi jak ludzie, niż z człowiekiem. Niezależnie od przyczyny, roboty społeczne okazały się sposobem na przebrnięcie przez bariery społeczne dziecka i zaangażowanie go w interakcję. Kiedy już dojdzie do interakcji, mamy niepowtarzalną okazję, by zaangażować dziecko w stopniowe budowanie i ćwiczenie umiejętności społecznych i emocjonalnych. [1]

Rekomendacja INT1:

Dostosuj cele i technologie rozpoznawania emocji do interwencji lub terapii

Przeanalizowaliśmy, jakie umiejętności były nauczane w interwencjach opartych na robotach w poprzednich badaniach. Przedstawiamy tutaj ich listę - może ona dać wyobrażenie o tym, do czego mogą być wykorzystywane roboty społeczne [1]:

- konwencja społeczna (umiejętność witania się, wspólne śpiewanie, dzielenie się, kończenie interakcji, umiejętność dziękowania, mówienie proszę);
- interakcje społeczne (wchodzenie w interakcję, podążanie za / naśladowanie ruchów, umiejętności uwagi społecznej, zaangażowanie dziecka w aktywność, umiejętności przetwarzania sensorycznego, podstawowy kontakt wzrokowy, interakcja konwersacyjna, zachowania społeczno-emocjonalne, inicjowanie, koncentracja na interakcji z własnej inicjatywy, wspólna gra, prośba o przedmiot);
- reakcje społeczne (podążanie za spojrzeniem, reakcja na prośbę o zachowanie, reakcja na imię)
- umiejętności emocjonalne (rozpoznawanie podstawowych emocji, odwzorowywanie emocji i dźwięków, kojarzenie kontekstu z emocjami, rozróżnianie myśli i emocji, odczytywanie emocji, naśladowanie emocji poznanych w treningu robotów);
- kontrola (dotykanie w celu przeniesienia robota w pozytywny stan emocjonalny, zachowania adaptacyjne w sytuacjach związanych ze złością i smutkiem, kontrola negatywnych emocji w sytuacjach społecznych);

- pozostałe umiejętności (samoobsługa, umiejętności poznawcze, usprawnianie uczenia się, gra na bębnach, rytmiczna synchronizacja interpersonalna górnej i dolnej części ciała, poruszanie się wg wyliczanki, poruszanie się wg jednostajnego rytmu, dobieranie poszczególnych kolorów).

Należy dokładnie przemyśleć, w jaki sposób interwencja i interakcja robot-dziecko może skorzystać z rozpoznawania emocji. Dlatego zaleca się określenie celów rozpoznawania emocji dla danego dziecka i celu terapii. Dokładne rozpoznanie emocji nie zawsze jest potrzebne.

Technologie automatycznego rozpoznawania emocji są szczególnie ważne w przypadku treningu umiejętności emocjonalnych. Zestaw rozpoznawanych emocji może być dostosowany do celu treningu i możliwości dziecka. Na przykład, podczas treningu uśmiechu, tylko "szczęśliwy" wyraz może być śledzony.

Z drugiej strony, interesujące może być uchwycenie ogólnego nastroju lub nastawienia dziecka podczas którejkolwiek z interwencji. Na przykład wśród stanów zainteresowania można wyróżnić strach, złość, znudzenie lub zaangażowanie.

W niektórych przypadkach może wystarczyć automatyczne rozpoznanie, czy dziecko płacze, czy nie, albo po prostu rozróżnienie reakcji pozytywnych i negatywnych.

Rekomendacja INT2:

Zaplanuj etap osvajania dziecka z robotem i innymi urządzeniami.

Dla większości małych dzieci, zwłaszcza jeśli nie miały wcześniejszych doświadczeń z interwencjami wspieranymi przez roboty, przydatna może być sesja zapoznawcza z robotem i wszystkimi urządzeniami przed zapisem danych z badania (zwłaszcza urządzeniami zakładanymi dzieciom - patrz TECH4). Niektóre dzieci mogą wymagać zapoznania się z nieznanym pomieszczeniem i obcymi ludźmi.

Ważne jest, aby w każdym momencie umożliwić dziecku powstrzymanie się od interakcji (patrz GEN3). Terapeuta/badacz powinien zachęcać i motywować dziecko do interakcji z robotem, ale nie naciskać na dziecko.

Rekomendacja INT3:

Zaplanuj działania w ramach sesji z wyprzedzeniem, ale w razie potrzeby dostosuj plan w trakcie obserwacji.

Interwencja powinna podążać za dzieckiem, tzn. dobrze jest mieć zawczasu ogólny plan interwencji, ale badacze/terapeuci powinni być na tyle

elastyczni, aby dostosować działania interwencyjne do aktualnych potrzeb dziecka.

Na początku interwencji wspieranej przez robota zaleca się stosowanie środków na przełamanie lodów, takich jak przedstawienie się robotowi lub zmotywowanie dziecka do wspólnego zaśpiewania wesołej piosenki. Dobrym rozwiązaniem może być stosowanie różnych rodzajów zachęt, które powinny być dostosowane do wieku, zainteresowań i umiejętności werbalnych poszczególnych dzieci.

Podczas samej terapii należy wziąć pod uwagę, że ASD jest zaburzeniem bardzo heterogenicznym. Dlatego też interwencja powinna być dostosowana do indywidualnego zakresu uwagi dziecka oraz do innych cech, w tym umiejętności werbalnych, umiejętności poznawczych, potencjalnych chorób współistniejących, wieku i preferencji. Na przykład można to zrobić poprzez dostosowanie długości sesji, wyboru, kolejności i długości ćwiczeń oraz liczby i długości przerw.

**Rekomendacja INT4:
Uwzględnij różne rodzaje aktywności i różne poziomy trudności**

Zaleca się przygotowanie różnych ćwiczeń dla poszczególnych grup wiekowych, zdolności werbalnych i poznawczych, zakresu uwagi, indywidualnych zainteresowań i celów terapeutycznych. Ponadto warto przygotować ćwiczenia o różnym poziomie trudności, aby zapewnić każdemu dziecku z ASD jak najbardziej odpowiednią interwencję. Aby szybko wybrać odpowiednie ćwiczenia, warto oznaczyć je adnotacjami według poziomu trudności.

Przy wyborze działań w ramach interwencji należy wziąć pod uwagę zainteresowania dzieci. Na przykład wiele dzieci najbardziej lubi śpiewać. Dlatego śpiewanie piosenki może być wykorzystane jako przerywnik na początku interwencji i/lub w przerwie między sesjami, aby zrelaksować dziecko, gdy wydaje się być zestresowane. Z drugiej strony, może się okazać, że śpiewanie piosenek nie jest pomocne dla wszystkich dzieci w każdym wieku. Dlatego warto poznać zainteresowania konkretnego dziecka przed rozpoczęciem sesji interwencji z wykorzystaniem robota, aby przygotować dla niego ćwiczenia, które prawdopodobnie mu się spodobają. Przykładem dla dzieci werbalnych i wysoko funkcjonujących może być gra w memo samogłoskowe.

**Rekomendacja INT5:
Przeprowadź kilka sesji z dzieckiem**

W celu oceny sukcesu interwencji wspieranej przez robota w porównaniu ze standardowym podejściem terapeutycznym, wysoce zalecane jest

monitorowanie postępu dziecka przez dłuższy okres czasu, tj. przeprowadzenie wielu sesji interakcji robota z dzieckiem. Rekrutacja dzieci występujących w badaniach długoterminowych do celów badawczych może stanowić wyzwanie. W takim przypadku pomocne może być włączenie tych sesji wspieranych przez roboty do regularnego planu terapii dziecka i/lub motywowanie rodzin "dobrymi rzeczami", takimi jak diety dla uczestników lub zabawki dla dziecka.

4.5. Przetwarzanie danych o symptomach emocji (PROC)

Na podstawie przeglądu literatury uzyskaliśmy pewne spostrzeżenia dotyczące wyzwań napotykanych w badaniach dotyczących przetwarzania modalności. Wyzwania napotymane w badaniach można podzielić na trzy kategorie: (1) uzyskane dane nie są wysokiej jakości (nie zawierają istotnych informacji o objawach emocji dziecka), (2) uzyskane modalności są trudne do analizy ze względu na nietypowe wzorce objawów, (3) obserwowane objawy emocji są sprzeczne.

Rekomendacja PROC1:

W przypadku rejestracji wielu modalności należy zwrócić uwagę na synchronizację

Multimodalne systemy rozpoznawania emocji oferują wyższą dokładność klasyfikacji niż rozwiązania oparte na jednej modalności [6]. Do najpopularniejszych kanałów należą: wideo RGB, wideo z głębią, dźwięk oraz sygnały fizjologiczne. Jednakże, jeśli do pobierania danych z kanałów wykorzystywane są różne urządzenia, mogą wystąpić problemy z synchronizacją. Ponadto, dużym wyzwaniem jest rozpoczęcie nagrywania we wszystkich urządzeniach jednocześnie.

Dlatego ważne jest, aby wcześniej opracować i przetestować strategię synchronizacji. Można na przykład zanotować dokładny czas rozpoczęcia nagrywania przez każde urządzenie. Albo pomyśleć o takiej metodzie jak znacznik czasu (być może urządzenie ma taką funkcję). Możesz też, w przypadku kanałów audio-wizualnych, wykorzystać klapę filmową lub program uruchamiający wszystkie urządzenia w tym samym czasie. Niezależnie od tego, jaką metodę wybierzesz, ważne jest, że musi ona umożliwiać synchronizację kanałów podczas wstępnego przetwarzania zebranych danych.

Rekomendacja PROC2:

W przypadku rejestrowania wielu modalności należy zwrócić uwagę na niespójności

W przypadku stosowania wielomodalnych lub wielokanałowych systemów rozpoznawania emocji (patrz CH3 i REP2) należy zwrócić uwagę na niespójne wyniki z poszczególnych modalności.

Lista wyzwań w integracji multimodalnej obejmuje m.in. integrację wyników uzyskanych w różnych modelach reprezentacji emocji oraz radzenie sobie z niespójnością wyników.

Zaobserwowaliśmy niespójności w wynikach rozpoznawania w eksperymentach, zarówno opartych na analizie różnych, jak i tych samych kanałów wejściowych. [12] Na przykład w eksperymencie dotyczącym edukacyjnej gry menedżerskiej odnotowano znaczną rozbieżność pomiędzy samooceną a wykrytymi stanami emocjonalnymi [13]. W innym badaniu zaobserwowano różnice w rozpoznawanym stanie emocjonalnym na podstawie mimiki twarzy zarejestrowanej za pomocą dwóch kamer: umieszczonej pod i nad monitorem [7].

Analizując ten sam moment obserwacji z tą samą osobą i kontekstem, różne algorytmy mogą dostarczyć różnych wyników rozpoznawania emocji.

Zalecane podejście to ocena czasowej niedostępności kanałów, jak również jakości danych przed przejściem do przetwarzania i analizy danych. Innym zaleceniem, którego można udzielić w odniesieniu do kwestii niespójnych wyników rozpoznawania emocji, jest zwrócenie uwagi podczas interpretacji i raportowanie wszelkich napotkanych niespójności.

Rekomendacja PROC3:

Oznaczaj zdarzenia w trakcie badania (jeśli to możliwe) lub w postprocessingu

Podczas sesji interakcji dziecko-robot mogą wystąpić różne zdarzenia, które mogą wpłynąć na rejestrowane dane, a następnie spowodować ich błędną interpretację. Dlatego bardzo ważne jest skrupulatne notowanie tych zdarzeń. Notatki powinny obejmować przerwy, takie jak wejście do pokoju przez osobę trzecią, dodatkowe hałasy z zewnątrz (lub wewnątrz pokoju - np. coś spadło). Notować należy również nietypowe zachowania dziecka oraz zdarzenia związane z urządzeniami rejestrującymi, np. wyczerpana bateria, zsunięcie się czujnika, zdjęcie czujnika przez dziecko.

Jeśli to możliwe, najlepszym rozwiązaniem jest robienie tych notatek w czasie rzeczywistym (czasem wymaga to dodatkowej osoby jako obserwatora), choć może być trudno zanotować wszystkie wydarzenia. Dokonywanie adnotacji post-hoc na nagraniach (jeśli zostało nagrane całe pomieszczenie) jest również możliwe, ale czasochłonne.

Adnotacja post-hoc jest kluczowa dla interpretacji wyników i może być cenna z perspektywy publikacji zbioru danych dla przyszłych badań (patrz RES2). Aby prawidłowo dokonać adnotacji, należy rozważyć precyzyjne zdefiniowanie zdarzeń, stanów i zadań do anotacji, dokonanie adnotacji przez wiele osób (w tym sprawdzenie spójności) oraz powtarzalną metodę (narzędzia) dla tego procesu.

Rekomendacja PROC4:

W przypadku kanału głosowego należy najpierw odróżnić mowę dziecka od innych dźwięków.

W celu rozpoznania stanu emocjonalnego dziecka na podstawie jego głosu, musimy najpierw określić segmenty z wokalizacją dziecka. Dlatego ważne jest, aby odróżnić głos dziecka od innych głosów i szumu tła. Zaobserwowaliśmy, że segmenty, które zostały poprawnie zaklasyfikowane jako zawierające głos dziecka, w większości składały się z głośniejszej i wyraźniej artykułowanej mowy dziecka bez lub z niewielkim szumem tła [10]. W przypadku nieuniknionych szumów tła - takich jak szumy z pobliskich poczekalni - pomocne jest nagranie głosu dziecka znacznie głośniejsze niż szum tła. Ponadto warto zapewnić szeroki zakres materiałów treningowych dla detektora aktywności głosowej. Jeżeli materiał treningowy nie zawiera odpowiedniej ilości np. śpiewu, naśladowania odgłosów zwierząt, zdarzeń płaczu, to jest bardziej prawdopodobne, że detektor aktywności głosowej będzie miał trudności z wykryciem takich zdarzeń jako głosu dziecka [10]. Należy również wziąć pod uwagę, że dzieci w różnym wieku mają różne charakterystyki głosu.

Planując badanie weź pod uwagę, że dokładna ocena działania detektora aktywności głosowej wymaga czasochłonnego oznaczania wszystkich wystąpień takich typów dźwięków jak głos dziecka, głosy innych osób, dźwięki wydawane przez robota i szum tła. Rozważ nagranie stanu bazowego dla kanału głosowego (patrz PROC5).

Rekomendacja PROC5:

W przypadku niektórych sygnałów należy zarejestrować stan bazowy dziecka.

Nagranie stanu bazowego może być dobrym rozwiązaniem dla dalszego przetwarzania i analizy danych. Stan bazowy to określony punkt odniesienia, który jest wykorzystywany do celów porównawczych. Na przykład, dla kanału głosowego, może być nagrana próbka niezakłóconego głosu dziecka. Dla sygnałów fizjologicznych poziomem odniesienia jest nagranie podczas fazy spoczynku (najlepiej: w innym pomieszczeniu niż to z robotem).

Ludzie różnią się znacznie pod względem reakcji układu nerwowego na

emocje. Na przykład istnieją osoby o wysokiej, średniej i niskiej reaktywności. Reakcje fizjologiczne zmieniają się również z wiekiem. Co więcej, grupa dzieci z autyzmem jest jeszcze bardziej rozbieżna ze względu na unikalną kombinację deficytów. Sposobem na uwzględnienie różnorodności podczas przetwarzania sygnałów jest rejestracja stanu bazowego jednostki (reakcji fizjologicznej w stanie spoczynku).

Wcześniejsze badania wykazały, że stany bazowe rozpoznawania emocji u dzieci z autyzmem są inne niż u dzieci typowo rozwijających się. Na przykład w pracy [16] opisano ważne obserwacje dotyczące czujników i technologii, które mogą być wykorzystane w automatycznym rozpoznawaniu emocji: (1) dzieci z ASD miały istotnie niższą amplitudę arytmii zatoki oddechowej i szybsze tętno niż dzieci typowo rozwijające się na poziomie podstawowym, co sugeruje niższą ogólną regulację błędnikową rytmu serca; (2) duży odsetek dzieci z autyzmem miał anormalnie wysoką aktywność współczulną, tj. odpowiedź przewodnictwa skóry. W innym badaniu [17] porównano dane dotyczące galwanicznej reakcji skóry pomiędzy dziećmi z autyzmem i typowo rozwijającymi się. Badanie wykazało, że dzieci z autyzmem mają bardziej nieregularne wzorce sygnałów fizjologicznych przewodnictwa skóry.

Podobnie w przypadku kanału głosowego można rozważyć zebranie próbki od dziecka przed interwencją lub na samym początku sesji, aby zoptymalizować detektor aktywności głosowej dziecka pod kątem głosu konkretnego dziecka będącego przedmiotem zainteresowania. W tym celu idealny byłby materiał głosowy o przybliżonym czasie trwania 1 minuty od dziecka. Oto kilka sugestii, jak zebrać taki materiał: (1) Starsze dzieci mogłyby opowiedzieć o swoim typowym dniu w szkole, o ostatnich wakacjach lub o śnie, który ostatnio miały (bez przerywania przez inne osoby w pokoju); (2) Młodsze dzieci, które tolerują słuchawki, mogłyby usłyszeć przez słuchawki kilka podpowiedzi imitacyjnych, np: "Proszę powtórzyć następujące zdania: 'Mój przyjaciel ma jabłoń w swoim ogrodzie', 'Kaspar uwielbia muzykę i poznawanie nowych przyjaciół'"; (3) Młodsze dzieci, które nie tolerują słuchawek, mogłyby słyszeć te imitacyjne podpowiedzi od terapeuty lub badacza, który wstrzymuje nagranie audio za każdym razem, gdy terapeuta sam mówi. W celu zebrania tego materiału głosowego można by nawet wbudować go w rodzaj gry lub rutyny, aby "aktywować" robota: "Proszę powtarzać wszystkie zdania, które teraz powiem, aby obudzić Kaspara, aby mógł się z tobą/ nami bawić w zabawne gry".

Oczywiście zbieranie takiego materiału głosowego nie sprawdzi się w przypadku dzieci niewerbalnych/minimalnie werbalnych ani w przypadku dzieci nieśmiałych lub takich, które nie nabyły (jeszcze) umiejętności werbalnego naśladowania czy opowiadania krótkich historii.

Rekomendacja PROC6:**Połącz metody, aby prawidłowo oznaczyć dane o stanach emocjonalnych.**

Ponieważ dzieci z ASD często mają różne, częściowo unikalne, sposoby wyrażania swoich emocji, prawidłowe oznaczenie ich stanów emocjonalnych może być trudne. Dlatego zaleca się stosowanie kombinacji różnych metod, takich jak pytanie dziecka o to, jak się czuje, notacja danych przez eksperta, poproszenie opiekunów, którzy dobrze znają dziecko o ocenę adnotacji oraz etykietowanie zgodnie ze znacznikiem bodźców.

Przypisanie odpowiedniej (trafnej) etykiety do zebranych danych jest wyzwaniem w rozpoznawaniu emocji ogólnie, nie tylko w autyzmie. Wewnętrzny stan emocjonalny (ground truth) jednostki jest trudny do określenia w sposób ciągły, nawet przez nią samą. Do etykietowania danych można zastosować kilka strategii. W badaniu [18] wykwalifikowani terapeuci anotowali nagrania z wielu sesji terapeutycznych, co jest najczęściej stosowaną praktyką. Inne podejście wykorzystujące subiektywne raporty stanów afektywnych od opiekunów zostało wprowadzone [19] i porównane z raportami terapeutów ze zgodnością około 83%. W pojedynczym badaniu interakcji człowiek-robot [20] zastosowano raport samooceny, w połączeniu z ocenami terapeutów. Raport samooceny u dzieci z autyzmem był tylko częściowo spójny z oznaczaniem przez terapeutów. Raporty terapeutów przyjęto jako "prawdę bazową" do klasyfikacji. Autorzy stwierdzają, że ze względu na deficyty umiejętności komunikacyjnych u dzieci z autyzmem, "klasyczne" metody oznaczania emocji są trudne do zastosowania. Zalecają, aby dla wzmocnienia wiarygodności etykietowania do badania włączyć zarówno obserwatora klinicznego, jak i opiekuna znającego uczestnika. [20]

Planując badania nad rozpoznawaniem emocji podczas interakcji robot-dziecko, zaleca się dokładne przemyślenie strategii adnotacji potrzebnej do wiarygodnego oznaczania danych w celu osiągnięcia odpowiednich celów badania.

Rekomendacja PROC7:**Uzyskanie ogólnych modeli może być trudne, ponieważ cechy i deficyty dzieci z autyzmem są różne.**

Autyzm jest zaburzeniem heterogenicznym o różnych objawach i stopniu nasilenia. Na przykład, niektóre dzieci mają dobre umiejętności werbalne, podczas gdy inne są niewerbalne. Ponadto interwencja wspierana przez roboty może być cenną alternatywą dla standardowych podejść terapeutycznych dla dzieci w różnym wieku. Oczywiście działania dla dzieci 3-letnich nie powinny być takie same jak dla dzieci 12-letnich ze względu na różnice w ich zainteresowaniach i możliwościach. Konieczne byłoby wdrożenie technologii rozpoznawania emocji, które są odpowiednie lub możliwe do zaadaptowania dla różnych języków, środowisk kulturowych i

plci dziecka. Optymalnie, takie technologie powinny być odporne na różne warunki akustyczne, rodzaje i pozycje mikrofonów, urządzenia śledzące ruchy oczu, rodzaje robotów itp. Potrzeba więcej badań, aby ocenić, jak różne ustawienia i urządzenia wpływają na wydajność rozpoznawania emocji. Duża ilość opisanych danych - nagranych w różnych pomieszczeniach, sytuacjach, językach, robotach itp. jest pomocna w optymalizacji istniejących modeli rozpoznawania emocji.

4.6. Rozpoznawanie emocji dzieci z autyzmem (EMO)

Wśród deficytów obserwowanych w zaburzeniach ze spektrum autyzmu można wyróżnić zaburzenia ekspresji i rozpoznawania stanów emocjonalnych. W odniesieniu do automatycznego rozpoznawania emocji, nietypowa ekspresja dziecka może powodować fałszywe założenia dotyczące jego wewnętrznego stanu emocjonalnego. Większość rekomendacji zawartych w tej części ma charakter wyłącznie informacyjny, ponieważ nie ma możliwości zmiany sposobu występowania objawów emocji.

Rekomendacja EMO1:

Dzieci z autyzmem wykazują nietypową ekspresję emocji

Dzieci z autyzmem wykazują mniej więcej ten sam poziom intensywności emocjonalnej ekspresji twarzy, ale ich wzorce mogą być nietypowe. Na przykład wykazano istotne różnice pomiędzy wysokofunkcjonującymi osobami z autyzmem a osobami rozwijającymi się typowo w przypadku obrzydzenia i smutku na całej twarzy, radości w górnej i dolnej części oraz zaskoczenia tylko w dolnej części twarzy. Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic dla emocji złości i strachu [11]. Dlatego też ogólne metody rozpoznawania emocji wytrenowane na danych dla dzieci typowo rozwijających się mogą być tylko częściowo odpowiednie. Zalecane jest trenowanie bardziej specyficznych klasyfikatorów na danych zebranych tylko od dzieci z autyzmem, zamiast ogólnych dla wszystkich dzieci.

Rekomendacja EMO2:

Dzieci z autyzmem wykazują pewną atypową synchronizację głosu/twarzy/gestów wyrażających emocje

Wyniki szeregu badań wskazują, że dzieci z autyzmem wykazują atypowe objawy emocji. Badanie krzyżowej koordynacji modalnej ekspresji emocji ujawnia, że koordynacja ta jest niższa w grupie ASD w porównaniu z dziećmi neurotypowymi [21]. Dzieci z ASD wytwarzają ekspresję mimiczną i mowę o tym samym poziomie natężenia emocji co dzieci typowo rozwijające się, ale ekspresja mimiczna i wokalna są ze sobą słabiej skoordynowane. Zgodnie z

przełębem literatury podsumowanym w tej samej pracy, ta krzyżowa koordynacja modalna dotyczy również ekspresji twarzy w stosunku do gestów. Podaje się również, że dzieci z ASD wykazują nietypowy czas i synchronizację ruchów różnych regionów twarzy, mniejszą intensywność górnych ruchów twarzy, mniejszą różnorodność ruchów twarzy oraz większą niejednoznaczność, ponieważ ekspresje dla wartości pozytywnej i negatywnej nie różnią się tak jak u typowo rozwijających się rówieśników. Obserwacje te potwierdziło inne badanie [22], w którym odnotowano mniejszą synchronizację ruchów między wyrazami twarzy, mniej złożoną dynamikę twarzy i większą niejednoznaczność. Deficyt ekspresji mimicznej był niezależny od rodzaju emocji (uwzględniono szczęście, złość, smutek i stan neutralny).

Rekomendacja EMO3:

Dzieci z autyzmem mogą nie używać lub używać niewielkiej ilości mowy i wokalizacji w interakcji z robotem

Jak wynika z analizy literatury, większość dzieci z autyzmem ma - częściowo poważne - trudności w przyswajaniu mowy i języka [14, 15]. Jest zatem prawdopodobne, że przynajmniej część z nich będzie wykazywała niewielką lub żadną aktywność głosową w interakcjach z robotami społecznymi. Wykazali to ostatnio Milling i inni [10], którzy zastosowali oparty na głębokim uczeniu detektor aktywności głosowej, który wykrył wokalizacje dziecka jedynie w około 4% zarejestrowanych sesji interwencji dziecko-robot. W tym badaniu czas sesji z wykrytymi wokalizacjami dzieci wahał się od 0,6% do 20%. Rozpoznawanie emocji na podstawie sygnałów mowy może być bardziej skuteczne w przypadku dzieci o wyższych umiejętnościach językowych niż dzieci o niższych umiejętnościach językowych.

Rekomendacja EMO4:

Dzieci z autyzmem często patrzą w bok lub w dół podczas mówienia

Liczne badania donoszą, że dzieci z autyzmem wykazują nietypowe zachowania, które mogą wpływać na nagrania. Dotyczy to zwłaszcza działań interaktywnych. Na przykład, dziecko często patrzy w bok lub w dół podczas konwersacji. Czynność ta odnosi się nie tylko do spojrzenia oczu, ale także do obracania głowy. Może to wpłynąć na uchwycenie zarówno mimiki twarzy, jak i obszarów zainteresowania na podstawie spojrzenia.

Ponieważ stan dziecka jest dany, a my mamy ograniczone możliwości wpływu na niego, zaleceniem jest raportowanie takich zachowań.

Rekomendacja EM05:
Miej na uwadze, że wychytujesz tylko objawy emocji

Aktywacja systemu nerwowego organizmu człowieka wywołuje zmiany w czynnościach życiowych, które mogą być interpretowane jako objawy emocji. Jednak spośród czynności życiowych i modalności używanych jako symptomy zastępcze dla rozpoznawania emocji, wszystkie są podatne na pewne zakłócenia i błędną interpretację.

Wewnętrzny stan emocjonalny (ground truth) jest trudny do określenia, czasem nawet dla kogoś, kto go doświadcza. Nie ma sposobu na stwierdzenie, jaki jest aktualny stan emocjonalny człowieka, a nawet samoocena może być tendencyjna.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że "ground truth" na temat wewnętrznych zjawisk emocji pozostaje nieznany, a wszystkie etykiety są stronnicze [12]. Niektóre z ekspresji emocjonalnych mogą być zmieniane przez osobę celowo. Na przykład dzieci z autyzmem często uśmiechają się, gdy zostają same, nie dlatego, że odczuwają radość.

Dlatego interpretacja wyników (oszacowań dostarczanych przez algorytmy) w rozpoznawaniu emocji powinna odnosić się do objawów, a nie przypisywanych im emocji. Dokładniej byłoby odnieść się do ekspresji emocjonalnej niż do stanu emocjonalnego osoby, mając na uwadze, że możemy obserwować i mierzyć tylko objawy. Rozwiązania zautomatyzowane powinny utrzymywać człowieka w pętli.

4.7. Metodyka badań z udziałem dzieci z autyzmem (RES)

Oprócz terapeutów, do grupy odbiorców tych rekomendacji należą również badacze. Dlatego w tej części odnosimy się w szczególności do badań naukowych.

Rekomendacja RES1:
Rozważ strukturę grupy badawczej i kontrolnej.

Utworzenie grupy badawczej i kontrolnej wymaga sprostania kilku wyzwaniom. Na początek trudno jest zrównoważyć proporcje dzieci biorących udział w badaniu pod względem płci ze względu na fakt, że autyzm jest znacznie częściej diagnozowany u chłopców niż u dziewczynek. Podobny problem może pojawić się przy bilansowaniu grupy dzieci pod względem niskiego i wysokiego funkcjonowania. Dzieci nisko funkcjonujące, w zależności od rodzaju zajęć, mogą być bardziej skłonne do odmowy uczestnictwa. Konstruując grupę kontrolną, należy wziąć pod uwagę możliwości intelektualne dzieci. Dlatego grupa kontrolna powinna być tworzona w oparciu o wiek rozwojowy i poziom funkcjonowania, a nie wiek biologiczny dzieci z grupy z ASD. [2]

**Rekomendacja RES2:
Utwórz otwarty i dobrze opisany zbiór danych dla przyszłych badań.**

Dyscyplina informatyki afektywnej korzysta z wielu zbiorów danych, które są rejestrowane i udostępniane na zasadach otwartych wśród badaczy. Zbiory te zawierają zanonimizowane zestawy cech razem z etykietami lub wartościami związanymi z emocjami, które mają być wykorzystane do klasyfikacji emocji. Obecnie dostępny jest jednak tylko jeden zbiór danych dotyczący rozpoznawania emocji stosowany u dzieci z autyzmem. Został on stworzony w ramach projektu deENIGMA i może być wykorzystany w przyszłych badaniach [23]. Zawiera on nagrania pochodzące od 35 dzieci z autyzmem.

Podczas przygotowywania i publikowania zbioru danych wskazane jest przestrzeganie zasad FAIR w ramach otwartej nauki [35]. FAIR jest akronimem oznaczającym następujące cechy zbioru danych: Findable - Accessible - Interoperable - Reusable. Aby być zgodnym z tym podejściem, dane powinny używać formalnego, dostępnego, współdzielonego i szeroko stosowanego języka do reprezentacji wiedzy, używać odpowiednich słowników dla metadanych i zawierać odniesienia do innych powiązanych zasobów. Aby metadane mogły być ponownie wykorzystane, powinny być bogato opisane za pomocą wielu dokładnych i istotnych atrybutów, powinny być udostępnione z jasną i dostępną licencją na korzystanie z danych oraz spełniać standardy społecznościowe związane z daną dziedziną. Aby zbiór danych był możliwy do znalezienia, powinien mieć przypisany globalnie unikalny i trwały identyfikator oraz powinien być zarejestrowany lub zindeksowany w zasobach umożliwiających wyszukiwanie. Aby zbiór danych był dostępny, musi być możliwy do wyszukania według identyfikatora przy użyciu znormalizowanego protokołu komunikacyjnego (przy czym protokół ten powinien być otwarty, bezpłatny i możliwy do powszechnego wdrożenia).

Pragniemy podkreślić, że otwarte udostępnianie danych wymaga uzyskania pisemnej zgody od uczestników lub opiekunów. Dlatego należy zabezpieczyć kwestie związane z prywatnością i anonimowością. Ponadto wskazane jest uzyskanie zgody od komisji etycznej (patrz GEN3).

**Rekomendacja RES3:
Raportuj cechy dzieci i grup na możliwie szczegółowym poziomie.**

Ponieważ deficyty w zakresie autyzmu występują w różnych formach i na różnym poziomie u poszczególnych osób, wyzwanie dotyczące możliwości uogólniania wyników pozostaje nieodłącznym elementem wszystkich badań. Dlatego też, niezależnie od konstrukcji grupy, w każdym badaniu cenne byłoby dostarczenie możliwie szczegółowych informacji o uczestnikach,

obejmujących co najmniej: wiek chronologiczny i rozwojowy, płeć, poziom funkcjonowania i choroby współwystępujące, oraz długość terapii i jej opis.

Rekomendacja RES4:

Raportuj sesje zapoznawcze i sesje, które się nie udały.

Przygotuj się, że dla niektórych dzieci i/lub sesji dane będą niedostępne. Przyczyny niepowodzeń mogą być różne - począwszy od problemów technicznych (takich jak odłączenie czujnika, awaria urządzenia lub słaba bateria), poprzez błędy ludzkie (niewłączenie urządzenia, błąd w kalibracji), aż do przejawów specyficznego zachowania dziecka poddanego obserwacji. Przykładowo, dziecko może odmówić założenia opaski, czy innego urządzenia, odmówić interakcji z robotem, przejawiać napady lęku, czy po prostu przyjąć postawę ciała, która utrudniałaby rejestrowanie danych (np. siedzieć bokiem).

Wszystkie przypadki niepowodzenia interakcji z tego lub innego powodu powinny być raportowane wraz z przyczyną. Zapewni to przejrzystość badania, czyniąc je bardziej wiarygodnym i wartościowym dla przyszłych prac badawczych. Ponadto, bardzo przydatne jest opisanie przez badaczy tego, co nie zadziałało, ponieważ pozwala to zidentyfikować ślepe ścieżki, bezużyteczne urządzenia lub techniki oraz wyzwania, które można napotkać w podobnym badaniu.

Rekomendacja RES5:

Jeśli w swoim badaniu wywołujesz emocje, wybierz odpowiednie bodźce.

Niektóre badania mogą wymagać wywoływania stanów emocjonalnych, a nie tylko obserwacji tych spontanicznych. W różnych badaniach stosowano wiele strategii wywoływania emocji (bodźców) i ich oznaczania. Jeśli chodzi o bodźce, to stosowano zarówno emocje wywołane, jak i podejście oparte na naturalnych interakcjach, przy czym wyzwaniem jest zebranie odpowiedniego zestawu danych treningowych od dzieci z autyzmem [24]. Do najczęściej stosowanych w badaniach bodźców należały zdjęcia i zasoby wideo. Jednak badanie [17] dotyczące reakcji galwanicznej skóry wykazało, że obrazki nie są odpowiednimi bodźcami do wywoływania emocji u dzieci z autyzmem. W innym badaniu analizowano wzorce spojrzeń oczu jako reakcję na bodźce w postaci filmów wideo zawierających ludzkie twarze. Chociaż najczęściej stosowano bodźce wideo, w innych badaniach próbowano: podejścia

opartego na grach [25], komputerowych narzędziach interwencji [26] lub obserwacji naturalnej interakcji człowiek-robot [20] [27].

4.8. Raportowanie badań z udziałem dzieci z zaburzeniami ASD (REP)

Podczas przeglądania artykułów naukowych, zauważyliśmy pewne niejasności dotyczące używanych terminów i zwrotów. Ta grupa rekomendacji dotyczy raportowania badań, głównie definiowania i używania terminów.

Rekomendacja REP1:
Rozróżnij dwa znaczenia zwrotu "rozpoznawanie emocji".

W kontekście technologii rozpoznawania emocji wspierających terapię dzieci z autyzmem zwrot "rozpoznawanie emocji" ma dwa znaczenia: **rozpoznawanie emocji przez dzieci** z autyzmem oraz **rozpoznawanie emocji dzieci** z autyzmem. Pierwsze z nich odnosi się do zdolności dzieci do rozpoznawania emocji u innych. Drugie dotyczy technologii automatycznego rozpoznawania emocji stosowanych do rozpoznawania i analizowania wewnętrznych stanów emocjonalnych dziecka.

Rekomendacja REP2:
Precyzyjnie specyfikuj urządzenia, kanały i modalności, pamiętaj o rozróżnieniu między tymi konceptami.

Odnosząc się do danych wejściowych wykorzystywanych do rozpoznawania emocji, ważne jest rozróżnienie pomiędzy czynnościami życiowymi, kanałami obserwacji i modalnościami, które są przedmiotem analizy.

Proces rozpoznawania emocji analizowany jest w odniesieniu do **czynności życiowych** tj. świadomych i nieświadomych działań organizmu człowieka, które generują określony objaw stanu emocjonalnego, który może być dalej analizowany w rozpoznawaniu emocji. W wybranych pracach analizowano następujące czynności życiowe: różnego rodzaju ruch, dźwięk wydawany przez człowieka, czynności fizjologiczne: czynność serca, nieświadoma czynność mięśni, oddychanie, regulacja termiczna. Aktywacja układu nerwowego organizmu człowieka wywołuje zmiany w czynnościach życiowych, które mogą być interpretowane jako objawy emocji.

Czynności życiowe mogą być rejestrowane za pomocą **kanałów obserwacyjnych**, które są nośnikami sygnału zawierającego informacje o obserwowalnych objawach. Kanał odnosi się raczej do rodzaju uzyskanego sygnału niż do fizycznego medium. Kanały, które są wykorzystywane w

badaniach nad rozpoznawaniem emocji u dzieci z autyzmem, to wideo RGB, wideo przestrzenne (głównie Kinect), audio, EKG (elektrokardiografia), BVP (puls objętościowy krwi), rozmiar klatki piersiowej, EMG (elektromiografia), fMRI (funkcjonalny rezonans magnetyczny), EDA (aktywność elektrodermalna) i temperatura.

Czynności życiowe generują **modalności**, które są rozumiane jako informacje obserwowalne w kanale obserwacji i wykorzystywane jako proxy do rozpoznawania emocji. Modalności mogą być pogrupowane według aktywności życiowych je generujących:

- ruch: mimika twarzy, postawa ciała, fiksacja wzroku, ruchy głowy, gesty (ruchy rąk) oraz wszelkie inne niesklasyfikowane wcześniej ruchy;
- ekspresja dźwiękowa: wokalizacje, prozodia mowy;
- aktywność serca: tętno, HRV (zmiennosc rytmu serca);
- aktywność mięśni nie związana z ruchem: napięcie mięśni;
- pocenie się: przewodnictwo skóry;
- oddychanie: intensywność i okres;
- regulacja termiczna: temperatura obwodowa;
- aktywność mózgu: aktywność neuronalna. [2]

Zalecamy najpierw określenie kanałów obserwacji i podanie szczegółowych informacji o urządzeniach używanych do ich rejestracji. Następnie należy podać modalności uzyskane poprzez kanały obserwacji, które są przedmiotem dalszej analizy w celu wykrycia symptomów stanów emocjonalnych.

Rekomendacja REP3:

Bądź rozważny w używaniu terminów odnoszących się do dzieci.

Język włączający uznaje różnorodność i wyraża szacunek dla wszystkich ludzi. Proszę zwrócić uwagę na sformułowania dotyczące dzieci, aby nie sugerować, że jedna osoba jest lepsza od drugiej pod względem stanu zdrowia lub zaburzenia. Podczas naszych badań zauważyliśmy, że niektóre badania odnoszą się do osób z autyzmem jako "dzieci autystyczne", podczas gdy do osób z grupy kontrolnej jako "normalne dzieci", czego należy unikać [1, 2]. Sugerujemy używanie zamiast tego bardziej odpowiednich alternatyw, takich jak "typowo rozwijające się dzieci" lub "neurotypowe". W odniesieniu do dzieci ze spektrum autyzmu zaleca się stawianie osoby na pierwszym miejscu, na przykład "dziecko z autyzmem" lub "osoby ze spektrum autyzmu".

Rekomendacja REP4:
Nazwij i zdefiniuj stany emocjonalne, do których się odnosisz.

Ponieważ psychologia nie dostarcza precyzyjnych definicji emocji, badacze, nauczyciele i trenerzy stosują zróżnicowane etykiety do ich nazwania. Niektórzy autorzy odnoszą się do stanów emocjonalnych ze zbioru podstawowego (radość, smutek, strach, złość, niesmak, zaskoczenie) lub innych za pomocą własnych etykiet, a etykiety te nie są bliżej zdefiniowane z perspektywy psychologicznej. Niektóre terminy używane przez autorów można pogrupować. Na przykład radosny (happy), szczęście (happiness), radość (joy, joyful) i uśmiech (smile) to różne określenia, ale w większości opracowań są one używane zamiennie. Rekomendacja odnosi się do tego, że jeżeli interesuje nas dany stan emocjonalny, powinniśmy go zdefiniować. Na przykład, jeśli rozpoznaje się uśmiech, należy określić go jako uśmiech, a nie szczęście lub radość (bo uśmiech nie zawsze oznacza radość). Innym przykładem jest grupa emocji związanych z lękiem, w której znajdują się strach, lęk i trwoga. Żaden z tych terminów nie jest w opracowaniach jednoznacznie zdefiniowany.

Niektóre stany, o których mowa w badaniach [36-38], są bardziej związane z uwagą niż z emocjami - np. zaangażowanie (engagement), zainteresowanie (involvement, interest) i to wydaje się bardziej realnym przedmiotem badań dzieci z autyzmem (a nie sześć podstawowych emocji). Ciekawa koncepcja emocji złożonych, takich jak lękliwe zaskoczenie czy radosne obrzydzenie, została również poruszona w kontekście kryzysu u dziecka.

Ponieważ psychologowie różnie definiują poszczególne dyskretne i złożone emocje, zaleca się wybranie jednej z tych definicji do badania i podanie jej.

5. Ewaluacja rekomendacji

W celu oceny produktu finalnego projektu - ER-RIA Guidelines for Emotion Recognition in Robot-supported Interventions in Autism - zastosowano wiele metod ewaluacji, w tym:

- kwestionariusz w celu uzyskania danych ilościowych;
- grupy fokusowe w celu uzyskania danych jakościowych;
- ocena ekspercka za pomocą instrumentu AGREE - zarówno jakościowa, jak i ilościowa.

5.1. Kwestionariusz

Pierwsza wersja rekomendacji została oceniona, a następnie poprawiona (lista zmian - patrz rozdział 5.4). W kwestionariuszu każdą z rekomendacji rozpatrywano oddzielnie. Każda rekomendacja była oceniana pod względem następujących kryteriów:

- **Adekwatny rozmiar opisu** - za pomocą 5-punktowej skali symetrycznej w zakresie: za mało - za dużo (przy czym 3 to najlepsza ocena);
- **Zrozumiałość** rekomendacji i jej opisu - w 5-punktowej skali zgadzam się - nie zgadzam się (przy czym 5 to najlepsza ocena);
- **Możliwość zastosowania** rekomendacji - w 5-punktowej skali "zgadzam się - nie zgadzam się" (5 to najlepsza ocena).

Kwestionariusz został wypełniony przez 49 uczestników, którzy zostali poproszeni o przeczytanie rekomendacji jedna po drugiej i udzielenie odpowiedzi na trzy pytania dotyczące każdej z nich. Uczestnikami badania byli studenci i doktoranci, którzy przystąpili do szkolenia dotyczącego pętli afektywnej w interakcji robot-dziecko w terapii autyzmu.

Wyniki kwestionariusza można podsumować w następujący sposób:

- adekwatność rozmiaru opisu - średnia ocena wyniosła: 3,25 +- 0,68 (1 to za mało, 5 to za dużo, 3 to wartość neutralna, najlepsza dla tego kryterium);
- zbyt mało opisu (gdy ≥ 10 osób wybrało wartości 1 lub 2) zostało wskazane dla następujących rekomendacji: GEN3, CH1, INT2, EMO4, RES3;
- zbyt dużo opisu (średni wynik $> 3,5$) zostało wskazane dla następujących rekomendacji: GEN2, CH3, SYM1, SYM10, TECH5, INT1, PROC2, PROC6;
- średnia zrozumiałość dla wszystkich wytycznych wyniosła 4,57 +- 0,69 (5 - zdecydowanie zgadzam się, najlepsza ocena dla tego kryterium);
- mniej zrozumiałe rekomendacje (średnia $< 4,5$): GEN1, GEN2, TECH3, INT1, PROC2, PROC5, PROC6, PROC7, EMO2, RES3, RES5, REP2;
- tylko dla jednej rekomendacji zrozumiałość została oceniona poniżej 4: PROC2 (3,97+-1,05);
- średnia stosowalność rekomendacji to 3,99 +-0,98 (5 point Likert scale, 5 - strongly agree, 3 - neutral)
- niższa stosowalność (średnia poniżej 4) została uzyskana dla następujących rekomendacji: GEN1, GEN3, CH1, CH4, TECH4, TECH5, INT1, PROC1, PROC2, PROC3, PROC4, PROC5, PROC6, PROC7, EMO1, EMO2, EMO3, EMO4, EMO5, RES2, RES5, REP4;
- najniższa stosowalność (średnia poniżej 3,5) została uzyskana dla następujących rekomendacji: PROC2, PROC6, EMO2 - wszystkie te rekomendacje miały także niższy wynik zrozumiałości.

Na podstawie wyników kwestionariusza, przebudowane zostały wytyczne o niższych wynikach zrozumiałości i stosowalności. Po korekcie uzyskano wersję 1.1 wytycznych.

5.2. Grupy fokusowe

Po zapoznaniu się z wytycznymi i wypełnieniu kwestionariuszy, uczestnicy zostali zaproszeni do udziału w grupach fokusowych. Każda grupa liczyła od 6

do 8 uczestników, w sumie grup było 7. Każda z tych grup miała za zadanie uzgodnić odpowiedzi na następujące pytania:

- Wskaż 5 elementów (rekomendacji), które są najmniej zrozumiałe (z uzasadnieniem)
- Wskaż 5 pozycji (rekomendacji), które są najtrudniejsze do zastosowania (z uzasadnieniem)
- Wymień 3 rekomendacje, które są najbardziej wartościowe dla terapeutów
- Wymień 3 rekomendacje, które są najbardziej wartościowe dla twórców oprogramowania
- Wymień 3 rekomendacje, które są najbardziej wartościowe dla badaczy
- Czy któraś z rekomendacji mogłaby zostać usunięta (nie jest konieczna)?
- Czy jakaś rekomendacja mogłaby zostać dodana do listy?

Wyniki grup fokusowych można podsumować w następujący sposób (liczby w nawiasach oznaczają liczbę grup fokusowych, które wspomniały o danej kwestii):

- duża liczba rekomendacji (2), dodać numery stron (1);
- powtórzenia (3), sprzeczności (3)
- najmniej zrozumiałe: PROC2 (4 razy), PROC5 (3 razy), GEN3 (3 razy), pojedyncze wystąpienia: RES3, SYM10, TECH3, PROC7, SYM1, INT1, REP2, INT5
- najtrudniejsze do zastosowania: wszystkie wytyczne EMO (3), PROC2 (2), PROC5 (2), RES2 (2), REP4 (2), pojedyncze wystąpienia: CH4, PROC3, PROC6, PROC7, TECH4, SYM3, SYM6, SYM9, REP3, RES3;
- żadna z grup nie zasugerowała usunięcia jakichkolwiek wytycznych, raczej zaproponowała ich połączenie: CH1 + CH2 + CH3 + SYM2, SYM4 + SYM5, SYM7 + SYM8, SYM6 + SYM7 + SYM8, INT2 + TECH5, GEN3 + TECH1.

Grupy fokusowe dostarczyły wielu przydatnych informacji jakościowych - nie tylko co zmienić, ale jak ulepszyć opisy. Mając wyniki grup fokusowych, poprawiliśmy rekomendacje zgodnie z uwagami (w większości), aby uzyskać wersję 1.1 rekomendacji.

5.3. Ewaluacja przez ekspertów instrumentem AGREE

Następnie wytyczne były oceniane przez 3 ekspertów za pomocą instrumentu AGREE (Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation), który jest narzędziem służącym do oceny procesu tworzenia wytycznych oraz jakości ich raportowania. Wykorzystano wersję AGREE II refined - składa się ona z 23 pozycji zorganizowanych w 6 domen jakościowych plus 2 pozycje ogólne[39]. Domeny te to: zakres i cel, zaangażowanie zainteresowanych stron, rygor opracowania, jasność prezentacji, możliwość zastosowania oraz niezależność redakcyjna. Wyniki tej oceny można podsumować następująco:

- ogólny wskaźnik jakości “quality of this guideline” uzyskał wynik 6,12 (przy użyciu skali Likerta 1-7, 7 - najlepsza ocena);
- ogólny wskaźnik rekomendacji “recommend this guideline for use” uzyskał wynik 2,9 (przy użyciu skali 1-3, 3-najlepsza ocena);
- z 23 wskaźników szczegółowych, 20 zostało ocenionych powyżej 6 (7-punktowa skala, 7-najlepsza ocena);
- niższą niż 6 ocenę uzyskały następujące wskaźniki:
 - procedura aktualizacji rekomendacji (4,95),
 - opis stosowalności rekomendacji (5,73),
 - opis ewaluacji rekomendacji (5,02);
- wybrane uwagi jakościowe:
 - brak oświadczenia, że organ finansujący badania nie miał wpływu na treść rekomendacji;
 - dodanie odniesień do literatury w celu uwidocznienia wpływu korpusu wiedzy na rekomendacje;
 - grupa rekomendacji RES jest bardziej ogólna i dotyczy nie tylko badań robot-dziecko w terapii autyzmu;
 - rekomendacje EMO mają charakter bardziej opisowy i nie zawierają środków zaradczych ani zaleceń co dokładnie należy zrobić.

Po analizie wyników z narzędzia AGREE poprawiliśmy rekomendacje zgodnie z uwagami (w większości), aby uzyskać wersję 1.2 dokumentu.

5.4. Zmiany pomiędzy wersjami rekomendacji

Po ocenie rekomendacji trzema opisanymi wyżej metodami, poprawiliśmy opisy i rozszerzyliśmy dokument rekomendacji do jego ostatecznej formy. Główne zmiany obejmowały:

- scalanie wybranych rekomendacji (49 w wersji 1.0, 46 w wersji 1.1 and 44 w wersji 1.2);
- usunięcie powtórzeń i sprzecznościami między rekomendacjami; dodanie numerów stron;
- dodanie oświadczenia o niezależności opracowywania rekomendacji od organu finansującego;
- dodanie większej ilości informacji na temat sposobu opracowania rekomendacji (sekcja 3);
- dodanie sekcji dotyczącej oceny i monitorowania rekomendacji (sekcja 5);
- dodanie informacji na temat możliwości zastosowania (sekcja 6);
- poprawa opisów prawie wszystkich rekomendacji (ze szczególnym uwzględnieniem tych, które zostały wymienione w grupach fokusowych oraz tych, które uzyskały niższe wyniki w kwestionariuszu i/lub w narzędziu AGREE).

6. Zastosowanie rekomendacji

Rekomendacje zostały opracowane dla trzech grup docelowych (patrz rozdział 2.2): terapeutów osób z autyzmem, twórców technologii oraz badaczy. Jesteśmy świadomi, że adresowanie rekomendacji do tak zróżnicowanej grupy odbiorców może spowodować pewne zamieszanie związane z ich stosowalnością - wytyczne wartościowe dla jednej grupy mogą być uznane za mniej istotne przez drugą grupę. Dlatego poprosiliśmy grupy fokusowe o wskazanie rekomendacji wartościowych dla każdej z podgrup docelowych.

Rekomendacje, które są najcenniejsze dla **terapeutów** to:

- rekomendacje GEN2 i GEN 3 jako punkt startu;
- wszystkie rekomendacje w sekcji SYM, aby zapoznać się z tym, jak rejestrowane są symptomy emocji;
- wszystkie rekomendacje w sekcji INT, które dostarczają wskazówek jak zaplanować i przeprowadzić interakcję;
- wszystkie rekomendacje w sekcji TECH, jeśli brakuje wsparcia osoby technicznej.

Rekomendacje, które są najcenniejsze dla **twórców technologii** to:

- rekomendacja GEN1 - stawiać dziecko na pierwszym miejscu oraz GEN 3 - przestrzegać wymogów etycznych, takich jak prywatność;
- wszystkie rekomendacje w sekcji PROC - jak przetwarzać dane;
- wszystkie rekomendacje w sekcji EMO, która opisuje specyfikę objawów emocjonalnych wyrażanych przez dzieci z autyzmem;
- TECH2 do TECH5 - wymagania techniczne dla opracowanych technologii;
- CH1 i CH2, INT2 - dotyczące poszczególnych kanałów informacji o symptomach.

Rekomendacje, które są najcenniejsze dla **badaczy**, przedstawiają się następująco:

- wszystkie rekomendacje w sekcji RES - są to wskazówki, jak postępować w badaniach dotyczących interakcji robot-dziecko z autyzmem;
- wszystkie rekomendacje w dziale REP, które opisują jak raportować badania;
- wybrane rekomendacje w sekcjach CH i EMO - aby zrozumieć ograniczenia pracy z dziećmi z autyzmem oraz aby móc ocenić jakość danych;
- PROC5 i PROC7 - dotyczące przetwarzania danych.

Jeśli chodzi o stosowalność, jesteśmy świadomi, że niektóre z rekomendacji nie są łatwe do zastosowania, co wynika z pewnych nieodłącznych wyzwań w tej dziedzinie. Patrząc na wyniki kwestionariusza, rekomendacje w sekcjach: GEN, PROC, EMO, RES oraz wybrane rekomendacje w sekcjach TECH i CH zostały ocenione niżej pod względem kryteriów stosowalności.

Rekomendacje w sekcji GEN są z założenia ogólne i definiują one punkt wyjścia do dalszych prac. Są też inne wyzwania w dziedzinie badań objętych rekomendacjami, które utrudniają zastosowanie wybranych wytycznych:

- zjawisko emocji jest trudne do precyzyjnego opisanie i wykrycia, a jeszcze większym wyzwaniem jest wykorzystanie technologii automatycznego rozpoznawania do klasyfikacji afektów;
- praca z dziećmi z autyzmem jest wymagająca - począwszy od ich deficytów, ale także zachowań;
- objawy emocji wyrażane przez dzieci z autyzmem są inne niż te, które wyrażają ich typowo rozwijający się rówieśnicy;
- nie tylko terapia, ale i badania z dziećmi z autyzmem muszą podążać za dzieckiem, co jest dobre dla dziecka, ale nie jest dobre dla badań ze względu na brakujące lub niskiej jakości dane i/lub ograniczoną powtarzalność.

Mając świadomość powyższych wyzwań, staraliśmy się poprawić stosowalność i zrozumiałość opisów rekomendacji, ale niektóre problemy aplikacyjne nie mogą być wyeliminowane, na przykład uzyskanie prawdziwego stanu emocjonalnego (ang. ground truth) dziecka, posiadanie całkowicie cichego pokoju do badań lub stworzenie publicznie dostępnego zbioru danych przy zachowaniu prywatności.

7. Dalsze prace

Ten dokument jest produktem międzynarodowego projektu EMBOA finansowanego przez program Unii Europejskiej Erasmus Plus. Dokument jest rozpowszechniany bezpłatnie na otwartej licencji CC-BY. Dokument jest dostępny na stronie projektu EMBOA <http://emboa.eu/> w języku angielskim, polskim, macedońskim, niemieckim i tureckim. Dokument można dowolnie rozpowszechniać w jego obecnej formie.

Mimo że projekt kończy się w 2022 roku, planujemy prowadzić dalsze badania w tym zakresie i być może rozszerzyć opracowane rekomendacje. Niektóre z pomysłów na dalszy rozwój, które zostały zasugerowane w trakcie procesu ewaluacji lub wynikały z obserwacji zespołu projektowego, nie zostały zastosowane ze względu na to, że wykraczały poza zakres projektu, przedstawiają się następująco:

- rozwinięcie rekomendacji w kierunku przyszłych technologii zautomatyzowanej interakcji w celu zamknięcia pętli afektywnej, o której mowa w wytycznych;
- podanie rekomendacji dotyczących przyszłych technologii, a nie tylko wskazówek, jak postępować z obecnie dostępnymi;
- przedstawienie zaleceń dotyczących współpracy pomiędzy grupami docelowymi - badaczami, terapeutami i twórcami technologii

- podzielić rekomendacje na kategorie "podczas projektowania badań" - "przed sesją badawczą" - "w trakcie sesji" - "post-hoc".

Jeśli chcesz rozwijać niniejsze rekomendacje, masz sugestie dotyczące ich ulepszenia lub rozszerzenia, a może chcesz przetłumaczyć je na swój język narodowy, skontaktuj się z Agnieszką Landowską, nailie@pg.edu.pl.

8. Literatura

1. Bartl-Pokorny, K. D., Uluer, P., Barkana, D. E., Baird, A., Kose, H., Zorcec, T., Robins, B., Schuller, B., Landowska, A., & Pykała, M. (2021). Robot-Based Intervention for Children With Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 9, 165433-165450. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3132785>
2. Landowska, A.; Karpus, A.; Zawadzka, T.; Robins, B.; Erol Barkana, D.; Kose, H.; Zorcec, T.; Cummins, N. Automatic Emotion Recognition in Children with Autism: A Systematic Literature Review. *Sensors* 2022, 22, 1649. <https://doi.org/10.3390/s22041649>
3. Karpus A., Landowska A., Miler J., Pykała M.: Systematic Literature Review – methods and hints, ETI Faculty Technical report, Gdansk University of Technology, 1/2020,
4. Bartl-Pokorny K.D., Pykała M., Erol Barkana D., Baird A., Köse H., Zorcec T., Robins B., Schuller B.W., Landowska A. Systematic Literature Review - Robot-Based Intervention for Children with Autism Spectrum Disorder, ETI Faculty Technical report, Gdansk University of Technology, 2/2020
5. Landowska A, Wróbel M., EMBOA project evaluation report, ETI Faculty Technical report, Gdansk University of Technology, X/2022
6. Abdullah, S.M.S.A., Ameen, S.Y.A., Sadeeq, M.A. and Zeebaree, S., 2021. Multimodal emotion recognition using deep learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(02), pp.52-58.
7. Landowska, A., Zawadzka, T., & Zawadzki, M. (2021). Mining inconsistent emotion recognition results with the multidimensional model. *IEEE Access*.
8. Yang, K., Wang, C., Sarsenbayeva, Z., Tag, B., Dingler, T., Wadley, G., & Goncalves, J. (2021). Benchmarking commercial emotion detection systems using realistic distortions of facial image datasets. *The Visual Computer*, 37(6), 1447-1466.
9. Milling, M., Baird, A., Bartl-Pokorny, K. D., Liu, S., Alcorn A. M., Shen, J., Tavassoli, T., Ainger, E., Pellicano E., Pantic, M., Cummins, N., Schuller, B. W. (2022). Evaluating the Impact of Voice Activity Detection on Speech Emotion Recognition for Autistic Children. *Frontiers in Computer Science*, 4, 837269.
10. Milling, M., Bartl-Pokorny, K. D., Schuller, B. W. (2022). Investigating Automatic Speech Emotion Recognition for Children with Autism Spectrum Disorder in Interactive Intervention Sessions with the Social Robot Kaspar. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2022.02.24.22271443>
11. Schuller, B. (2018). What affective computing reveals about autistic Children's facial expressions of joy or fear. *Computer*, 51(06), 7-8.
12. Landowska A.: (2019) Uncertainty in Emotion recognition, *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, Vol. 17 No. 3, pp. 273-291, Emerald Publishing, DOI 10.1108/JICES-03-2019-0034

13. [Landowska, Miler, 2016] Landowska, A. and Miler, J. (2016), "Limitations of emotion recognition in software user experience evaluation context", Federated Conference on Computer Science and Information Systems, (FedCSIS), IEEE, pp. 1631 - 1640.
14. Belteki Z, Lumbreras R, Fico K, Haman E, Junge C. The Vocabulary of Infants with an Elevated Likelihood and Diagnosis of Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis of Infant Language Studies Using the CDI and MSEL. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jan 27;19(3):1469. doi: 10.3390/ijerph19031469.
15. MacFarlane H, Salem AC, Chen L, Asgari M, Fombonne E. Combining voice and language features improves automated autism detection. *Autism Res*. 2022 Apr 23. doi: 10.1002/aur.2733.
16. Bal, E.; Harden, E.; Lamb, D.; Van Hecke, A.V.; Denver, J.W.; Porges, S.W. Emotion Recognition in Children with Autism Spectrum Disorders: Relations to Eye Gaze and Autonomic State. *J. Autism Dev. Disord.* 2010, 40, 358–370.
17. Fadhil, T.Z.; Mandeel, A.R. Live Monitoring System for Recognizing Varied Emotions of Autistic Children. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, Duhok, Iraq, 9–11 October 2018; pp. 151–155.
18. Marinoiu, E.; Zanzir, M.; Olaru, V.; Sminchisescu, C. 3D Human Sensing, Action and Emotion Recognition in Robot Assisted Therapy of Children with Autism. In *Proceedings of the 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Salt Lake City, UT, USA, 18–22 June 2018; pp. 2158–2167.
19. Liu, C.; Conn, K.; Sarkar, N.; Stone, W. Affect Recognition in Robot Assisted Rehabilitation of Children with Autism Spectrum Disorder. In *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Rome, Italy, 10–14 April 2007; pp. 1755–1760.
20. Liu, C.; Conn, K.; Sarkar, N.; Stone, W. Online Affect Detection and Robot Behavior Adaptation for Intervention of Children with Autism. *IEEE Trans. Robot.* 2008, 24, 883–896.
21. Sorensen, T.; Zane, E.; Feng, T.; Narayanan, S.; Grossman, R. Cross-Modal Coordination of Face-Directed Gaze and Emotional Speech Production in School-Aged Children and Adolescents with ASD. *Sci. Rep.* 2019, 9, 18301.
22. Grossard, C.; Dapogny, A.; Cohen, D.; Bernheim, S.; Juillet, E.; Hamel, F.; Hun, S.; Bourgeois, J.; Pellerin, H.; Serret, S.; et al. Children with autism spectrum disorder produce more ambiguous and less socially meaningful facial expressions: An experimental study using random forest classifiers. *Mol. Autism* 2020, 11, 5.
23. Rudovic, O.; Lee, J.; Dai, M.; Schuller, B.; Picard, R.W. Personalized machine learning for robot perception of affect and engagement in autism therapy. *Sci. Robot.* 2018, 3, eaao6760.
24. Tang, T.Y. Helping Neuro-Typical Individuals to "Read" the Emotion of Children with Autism Spectrum Disorder: An Internet-of-Things Approach. In *Proceedings of the 15th International Conference on Interaction Design and Children, IDC'16*, Manchester, UK, 21–24 June 2016; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, 2016; pp. 666–671.
25. Di Palma, S.; Tonacci, A.; Narzisi, A.; Domenici, C.; Pioggia, G.; Muratori, F.; Billeci, L. Monitoring of autonomic response to sociocognitive tasks during treatment in children with Autism Spectrum Disorders by wearable technologies: A feasibility study. *Comput. Biol. Med.* 2017, 85, 143–152.
26. Liu, C.; Conn, K.; Sarkar, N.; Stone, W. Physiology-based affect recognition for computer-assisted intervention of children with Autism Spectrum Disorder. *Int. J.-Hum.-Comput. Stud.* 2008, 66, 662–677.

27. Silva, V.; Soares, F.; Esteves, J. Mirroring and recognizing emotions through facial expressions for a RoboKind platform. In Proceedings of the 2017 IEEE 5th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG), Coimbra, Portugal, 16–18 February 2017; pp. 1–4.
28. Adolphs R, Mlodinow L, Barrett LF. What is an emotion? *Curr Biol.* 2019 Oct 21;29(20):R1060-R1064. doi: 10.1016/j.cub.2019.09.008. PMID: 31639344; PMCID: PMC7749626.
29. H. Gunes, B. Schuller, M. Pantic and R. Cowie, "Emotion representation, analysis and synthesis in continuous space: A survey," 2011 IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG), 2011, pp. 827-834, doi: 10.1109/FG.2011.5771357.
30. Ortony, A., & Turner, T. J. (1990). What's basic about basic emotions?. *Psychological review*, 97(3), 315.
31. Rudovic, O.; Lee, J.; Dai, M.; Schuller, B.; Picard, R.W. Personalized machine learning for robot perception of affect and engagement in autism therapy. *Sci. Robot.* 2018, 3, eaa06760.
32. Gay, V.; Leijdekkers, P.; Wong, F. Using sensors and facial expression recognition to personalize emotion learning for autistic children. *Stud. Health Technol. Inform.* 2013, 189, 71–76.
33. Hirokawa, M.; Funahashi, A.; Itoh, Y.; Suzuki, K. Design of affective robot-assisted activity for children with autism spectrum disorders. In Proceedings of the 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Edinburgh, UK, 25–29 August 2014; pp. 365–370.
34. Javed, H.; Jeon, M.; Park, C.H. Adaptive Framework for Emotional Engagement in Child-Robot Interactions for Autism Interventions. In Proceedings of the 2018 15th International Conference on Ubiquitous Robots (UR), Honolulu, HI, USA, 26–30 June 2018; pp. 396–400.
35. Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. *et al.* The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
36. Akinloye, F.O.; Obe, O.; Boyinbode, O. Development of an affective-based e-healthcare system for autistic children. *Sci. Afr.* 2020, 9, e00514
37. Liu, C.; Conn, K.; Sarkar, N.; Stone, W. Physiology-based affect recognition for computer-assisted intervention of children with Autism Spectrum Disorder. *Int. J.-Hum.-Comput. Stud.* 2008, 66, 662–677.
38. Krupa, N.; Anantharam, K.; Sanker, M.; Datta, S.; Sagar, J.V. Recognition of emotions in autistic children using physiological signals. *Health Technol.* 2016, 6, 137–147
39. AGREE II. Brouwers MC, Kho ME, Browman GP, Burgers J, Cluzeau F, Feder G, Fervers B, Graham, ID, Grimshaw J, Hanna S, Littlejohns P, Makarski J, Zitzelsberger L on behalf of the AGREE Next Steps Consortium. AGREE II: Advancing guideline development, reporting and evaluation in healthcare. *Can Med Assoc J.* Dec 2010, 182: E839-842; doi:10.1503/cmaj.090449