

# Umjetna inteligencija i asistivna tehnologija

---

Čičak, Jurja

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:158:280608>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

# **Umjetna inteligencija i asistivna tehnologija**

Jurja Čičak

Zagreb, lipanj 2024.god.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

# **Umjetna inteligencija i asistivna tehnologija**

Jurja Čičak

izv. prof. dr. sc. Renata Pinjatela

Zagreb, lipanj 2024.god.

## Izjava o autorstvu rada

Potvrđujem da sam osobno napisala rad „Umjetna inteligencija i asistivna tehnologija“ i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Jurja Čičak

Mjesto i datum: Zagreb, 10. lipanj 2024.

*Zahvaljujem se izv.prof.dr.sc. Renati Pinjатели na nesebičnoj pomoći i svakoj sugestiji prilikom izrade ovog diplomskog rada.*

*Hvala mojim prijateljicama – onima koje sam stekla tijekom studija i onima koje su sa mnom od malih nogu – na svakoj riječi ohrabrenja, potpori, savjetu, razgovoru, zajedničkom učenju, lijepoj riječi i iskrenoj želji za dobrim. Svaka uspomena s vama mi je dragocjena.*

*Hvala mojoj majci na svakom toplom pogledu kada mi je bilo teško, na svakoj molitvi i brizi koju je podnijela za mene. Hvala mojim sestrama i svaku na svakom bodrenju i zanimanju za moj studij. Posebno veliko hvala mome bratu koji mi je pokazao jedan svijet za koji ne znam bih li upoznala da ga nije – svijet osoba koje su drugačije; koje misle drugačije, koje se ponašaju drugačije, a koje su toliko neizmjerljivo vrijedne. Ti me mijenjaš na načne na koje me ne bi mijenjao niti jedan drugi brat na svijetu, i neprestano me učiš.*

*Hvala mome taji na svakoj riječi ohrabrenja koju mi je uputio i na svakoj pohvali i poticaju za učenjem. Znam da me pratiš i ohrabruješ i sada, ne odustaješ - velike su tvoje zasluge.*

*I, nadasve, najveće hvala Bogu. Tebi je znan sav moj put; ono što je iza mene i ono što je ispred mene – neka je sve od Tebe i za Tebe. Hvala Ti na svemu što si dao sve ove godine, i lijepom i teškom.*

*Neka je ovaj završen studij meni i drugima na korist, Tebi na veću slavu.*

Naslov rada: Umjetna inteligencija i asistivna tehnologija

Ime i prezime studentice: Jurja Čičak

Ime i prezime mentorice: Izv. prof. dr. sc. Renata Pinjatela

Modul na kojem se polaže diplomski rad: Edukacijska rehabilitacija, Rehabilitacija, sofrologija, kreativne i art/ekspresivne terapije

### SAŽETAK

Tijekom zadnjih nekoliko desetljeća, a posebice ulaskom u 21. stoljeće, razvoj tehnologije je uzeo maha i svakim danom postaje sve više neizostavan dio čovjekove svakodnevice. Nepobitna je činjenica da ona uvelike olakšava život svakog pojedinca, kako osobe bez invaliditeta, tako i one s invaliditetom. Utoliko i više znači osobama s invaliditetom jer pruža priliku za neovisnost i samostalnost te aktivno uključ enje i sudjelovanje u društvu. Asistivna tehnologija označava bilo koju stavku, opremu ili sustav proizvoda koji se koristi kako bi se povećala, održala ili poboljšala funkcionalnost u svakodnevnom životu djece s teškoćama u razvoju i osoba s invaliditetom. S obzirom na znanstveni napredak u polju umjetne inteligencije, očekivano je da će edukacijsko-rehabilitacijski stručnjaci pokušati pronaći način kako ukomponirati takva dostignuća u svoje područje rada i na koji način pružiti priliku osobama s invaliditetom da profitiraju služeći se najnaprednijom tehnologijom. Ovaj diplomski rad naslovljen kao *Umjetna inteligencija i asistivna tehnologija* će prikazati dosadašnja istraživanja, projekte i novitete u području asistivne tehnologije i umjetne inteligencije. Riječ je o preglednom radu koji sadrži prikaz raznih vrsta primjene asistivne tehnologije koja funkcionira po principu umjetne inteligencije koji su od velike važnosti i značaja za razvoj i budućnost dijagnostike i edukacijsko-rehabilitacijskog rada s djecom s teškoćama i osobama s invaliditetom. Osim toga, bit će prikazana etička pitanja primjene ovakvih sustava asistivne tehnologije te prijedlozi za moguće daljnje napretke i prilagodbe.

**Ključne riječi:** asistivna tehnologija, umjetna inteligencija, razvojne teškoće, oštećenje vida, demencija

Title: Artificial Intelligence and Assistive Technology

Name of a student: Jurja Čičak

Name of a mentor: Renata Pinjatela, PhD

The modul where the thesis is taken: Educational Rehabilitation, Rehabilitation, Sophrology, Creative and Art/Expressive Therapies

### ABSTRACT

During the last few decades, and especially with the entry into the 21st century, the development of technology has gained momentum and every day it is becoming an increasingly indispensable part of human everyday life. It is an undeniable fact that it greatly facilitates the life of every individual, both non-disabled and disabled. It means as much and more to people with disabilities because it provides an opportunity for independence and autonomy, as well as active inclusion and participation in society. Assistive technology means any item, equipment, or product system used to increase, maintain, or improve functionality in the daily lives of children with developmental disabilities and persons with disabilities. Given the scientific progress in the field of artificial intelligence, it is expected that educational and rehabilitation specialists will try to find a way to incorporate such achievements into their field of work and how to provide an opportunity for people with disabilities to profit by using the most advanced technology. This diploma thesis entitled Artificial intelligence and assistive technology will present previous research, projects and innovations in the field of assistive technology and artificial intelligence. It is a review paper that contains a presentation of various types of application of assistive technology that functions according to the principle of artificial intelligence, which are of great importance and significance for the development and future of diagnostics and educational-rehabilitation work with children with disabilities and people with disabilities. In addition, the ethical issues of the application of such assistive technology systems and suggestions for possible further advances and adaptations will be presented.

**Keywords:** assistive technology, artificial intelligence, developmental difficulties, visual impairment, demention

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. ASISTIVNA TEHNOLOGIJA.....	1
1.1.1.    PODJELA ASISTIVNE TEHNOLOGIJE.....	2
1.2.    UMJETNA INTELIGENCIJA.....	3
2.    PROBLEMSKA PITANJA.....	6
3.    PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA.....	6
3.1.    Primjena UI i AT kod stanja iz spektra autizma.....	6
3.2.    Primjena UI i AT kod ADHD-a i disleksije.....	20
3.3.    Primjena UI i AT kod oštećenja vida.....	29
3.4.    Primjena UI i AT kod dijabetesa.....	33
3.5.    Primjena UI i AT kod demencija.....	34
4.    ETIČKA PITANJA UPOTREBE ASISTIVNE TEHNOLOGIJE POTPOMOŽNUTE UMJETNOM INTELIGENCIJOM.....	37
5.    ZAKLJUČAK.....	40
6.    LITERATURA.....	41



# 1. UVOD

Tijekom zadnjih nekoliko desetljeća, a posebice ulaskom u 21. stoljeće, razvoj tehnologije je uzeo maha i svakim danom postaje sve više neizostavan dio čovjekove svakodnevice. Nepobitna je činjenica da ona uvelike olakšava život svakog pojedinca, kako osobe bez invaliditeta, tako i one s invaliditetom. Štoviše, osobi s invaliditetom utoliko i više pojednostavljuje život time što omogućava samostalnost pri izvođenju nekih aktivnosti za koje je, ne tako davno, osobi bila pomoć drugoga od krucijalne važnosti.

Cilj ovog diplomskog rada je prikazati primjenu asistivne tehnologije koja se oslanja na umjetnu inteligenciju u obrazovanju djece s teškoćama i odraslih s invaliditetom kao i primjenu u njihovom svakodnevnom životu. Na njegovom samom početku se nalaze poglavlja koja iznose definicije pojmova *umjetna inteligencija* i *asistivna tehnologija*, a potom su sistematski prikazani rezultati pretraživanja u obliku poglavlja *autizam, specifične teškoće učenja: ADHD i disleksija, oštećenje vida, dijabetes te demencija*. Zatim slijedi poglavlje *etička pitanja upotrebe asistivne tehnologije potpomognute umjetnom inteligencijom* i naposljetku *zaključak*.

## 1.1. ASISTIVNA TEHNOLOGIJA

Asistivna tehnologija je termin pod koji spadaju asistivni proizvodi i nadovezujući sustavi i usluge. Sama definicija asistivne tehnologije varira, ovisno o samoj svrsi radi koje se pojam definira – primjerice, pojedine države imaju svoje definicije kako bi pobliže odredile zakonodavne mjere, socijalne usluge, klasificirale proizvode ili olakšale komunikaciju (UNICEF i Svjetska zdravstvena organizacija, 2022). Asistivna tehnologija je primjena organiziranog znanja i vještina povezanih s pomoćnim proizvodima, uključujući sustave i usluge. Asistivna tehnologija je podskup zdravstvene tehnologije. Asistivni proizvod je svaki vanjski proizvod (uključujući uređaje, opremu, instrumente ili softver), posebno proizveden ili općenito dostupan, čija je primarna svrha održati ili poboljšati funkcioniranje i neovisnost pojedinca, a time i promicati njegovu dobrobit. Asistivni proizvodi također se koriste za sprječavanje oštećenja i sekundarnih zdravstvenih stanja (Svjetska zdravstvena organizacija, 2016).

Asistivna tehnologija je krovni pojam za pomoćne proizvode i njihove povezane sustave i usluge. Pomoćni proizvodi pomažu u održavanju ili poboljšanju funkcioniranja pojedinca

vezanog uz kogniciju, komunikaciju, sluh, pokretljivost, brigu o sebi i vid, čime se omogućuje njihovo zdravlje, dobrobit, uključenost i sudjelovanje (Svjetska zdravstvena organizacija, 2023).

Asistivna tehnologija uključuje sredstva i uređaje, komercijalno nabavljene i modificirane ili prilagođene, kojima se potiču, održavaju i poboljšavaju funkcionalne sposobnosti djece s teškoćama u razvoju, osoba s različitim oblicima i stupnjevima invaliditeta i starijih osoba (Mijatović, i sur., 2021).

### 1.1.1. PODJELA ASISTIVNE TEHNOLOGIJE

Za potrebe ovog diplomskog, prikazane su tri podjele asistivne tehnologije.

Bryant i Bryant (2003) asistivnu tehnologiju dijele u kategoriji prema namjeni:

- pozicioniranje (osigurava adekvatno držanje tijela kako bi se mogle izvoditi određene aktivnosti)
- mobilnost (omogućava ili olakšava kretanje osobama s različitim motoričkim teškoćama)
- potpomognuta/augmentativna i alternativna komunikacija (osigurava komunikaciju osobama sa složenim komunikacijskim potrebama)
- pristup računalu (omogućuju samostalno korištenje računala)
- prilagođene igračke/igre (potiču socijalni i kognitivni razvoj)
- prilagođena okolina (omogućava samostalno obavljanje svakodnevnih zadataka)
- pomagala za nastavu (olakšavaju djeci s teškoćama savladavanje školskog kurikulum)

Druga podjela prema Weilandu (2003, prema Iowa Center for Assistive Technologies 2016) svrstava uređaje asistivne tehnologije na kontinuum koji podrazumijeva „no-tech“, „low-tech“, „mid-tech“ i „high-tech“. „No-tech“ rješenja podrazumijevaju prilagođene okolinske uvjete i usluge (primjerice prilagođeni hvat olovke, duže vrijeme testiranja, papir u boji, prevoditelj i sl.). Ona ne uključuju posebne uređaje niti opremu. „Low-tech“ rješenja su uređaji koji ne zahtijevaju izvor struje i imaju vrlo malo mehaničkih dijelova. U takva rješenja spadaju prilagođeni pribor za jelo, za pisanje, čaše, zatim povećala, dioptrijske naočale, vizualni rasporedi, PECS sličice itd. Za korištenje „mid-tech“ rješenja je potrebno određeno znanje ili edukacija jer je riječ o relativno kompliciranim mehaničkim uređajima koji mogu zahtijevati izvor struje, no nemaju sofisticirani elektronički sustav. To su prilagođene tipkovnice, jednostavni komunikatori, sklopke, invalidska kolica i sl. „High-tech“ asistivna tehnologija je skuplja od ostalih. Razlog tomu je potreba za

posebnim vještinama, znanjem o tehnologiji i pristupom tehnološkoj podršci bez kojih je uspješno korištenje ovih uređaja minimizirano. „High-tech“ podrazumijeva sofisticiranu elektroniku i softverske programe. Ovdje govorimo o uređajima poput softvera za prepoznavanje govora, eye-gazea, CCTV-a, strujnih kolica te jedinica koje mogu kontrolirati okolinu (Iowa Center for Assistive Technologies, 2016).

Postoji i treća, najnovija podjela, prema ISO (2022), s pripadajućim šiframa:

- 04 Asistivni proizvodi za mjerenje, stimulaciju i vježbanje psiholoških i fizioloških funkcija
- 06 Ortoze i proteze
- 09 Asistivni proizvodi za aktivnosti brige o sebi i sudjelovanje u vlastitom zbrinjavanju
- 12 Asistivni proizvodi za aktivnosti osobne mobilnosti i transporta te sudjelovanje u istima
- 15 Asistivni proizvodi za kućanske aktivnosti i sudjelovanje u kućanstvu
- 18 Namještaj, oprema i drugi asistivni proizvodi podršku u aktivnostima unutar doma vanjskom okruženju
- 22 Asistivni proizvodi za komunikaciju i upravljanje informacijama
- 24 Asistivni proizvodi za upravljanje, nošenje, premještanje i rukovanje predmetima i uređajima
- 27 Asistivni proizvodi za kontroliranje, prilagođavanje ili mjerenje elemenata fizičkog okruženja
- 28 Asistivni proizvodi za radne aktivnosti i sudjelovanje u zapošljavanju
- 30 Asistivni proizvodi za rekreaciju i slobodno vrijeme

## 1.2. UMJETNA INTELIGENCIJA

Problem područja umjetne inteligencije je to što ga je teško definirati. Problem ne predstavlja prvi dio pojma „*umjetna*“ (što bi značilo, prema Fetzer (1990), da je riječ o nečemu što nije prirodno inteligentno; i nečemu što nije živo) već drugi – „*inteligencija*“.

Riječ inteligencija (latinski *intellegentia*, *intelligentia*) doslovno znači razum, razboritost; vještina (Hrvatska enciklopedija, 2021). Definira se kao

- a) sposobnost učenja i razumijevanja iz iskustva; sposobnost skupljanja i zadržavanja znanja; mentalna sposobnost;

- b) sposobnost brzog i uspješnog odgovora na zahtjeve nove situacije; uspješno korištenje sposobnosti razuma u rješavanju problema, usmjeravanje ponašanja, itd.;
- c) u psihologiji – mjerenje uspješnosti u korištenju ovih sposobnosti za izvođenje određenih zadataka (Merriam-Webster, 1983).

Također u psihologiji ona može značiti sposobnost mišljenja koja omogućuje snalaženje u novim prilikama u kojima se ne koriste nagonsko ponašanje, ni učenjem stečene navike, vještine i znanja (Hrvatska enciklopedija, 2021). Postoje rasprave o tome je li inteligencija jedinstvena sposobnost, točnije rezultat općih funkcionalnih značajki središnjeg živčanog sustava ili je ona skup sposobnosti pomoću kojih pojedinac može intelektualno djelovati (perceptivna, spacijalna, numerička, mnemička inteligencija te sposobnost rječitosti i dovođenja zaključaka) (Hrvatska enciklopedija, 2021). Općepoznata i prihvaćena je ideja da se inteligencija ne može definirati isključivo kao jedno ili drugo, već da ona predstavlja spoj tih dviju teza, a u kojoj mjeri prevladava jedna, u kojoj druga, ovisi o općedruštvenim prilikama i socijalnom kontekstu u kojemu se govori o inteligenciji.

Iako ljudi često smatraju da se umjetna inteligencija pojavila unatrag nekoliko godina, pojam umjetna inteligencija prvi put je spomenut na kongresu u Dartmouth Collegeu, još 1956. godine (Prister, 2019). Skup od 10 ljudi koji su sudjelovali na kongresu i koji su se bavili teorijom automata, neuronskim mrežama i istraživanjem inteligencije, prihvatili su taj naziv, iako su smatrali da bi naziv "računska racionalnost" bio prikladniji (Balaž i Meštrović, 2014). Kongres je organizirao John McCarthy, koji je nakon toga kreirao osnovni programski jezik umjetne inteligencije LISP, a danas ga se smatra začetnikom umjetne inteligencije (Prister, 2019).

Umjetna inteligencija se može definirati na više načina:

- dio računalstva koji se bavi razvojem sposobnosti računala da vrše zadatke za koje je potreban neki vid inteligencije; oznaka svojstva neživog sustava koji pokazuje inteligenciju, odnosno inteligentni sustav (Hrvatska enciklopedija, 2021.)
- skup računalnih tehnologija koje su programirane da osjete, razumiju i odgovore na aktivnost ili okolinu na onaj način ili u onom obliku kako bi čovjek odgovorio (Bharucha i sur., 2009)

- sustavi koji pokazuju inteligentno ponašanje analizirajući svoje okruženje i poduzimajući radnje – uz određeni stupanj autonomije – za postizanje određenih ciljeva (Europska komisija, 2018a)
- sustavi koje su dizajnirali ljudi da, s obzirom na složeni cilj, djeluju u fizičkoj ili digitalnoj dimenziji opažajući svoju okolinu kroz podatke prikupljanje, tumačenje prikupljenih strukturiranih ili nestrukturiranih podataka, razmišljanje o znanju ili obradi informacija izvedene iz tih podataka i odlučivanje o najboljoj radnji(ama) koju treba poduzeti za postizanje zadanog cilja (Europska komisija, 2018b)

Nadalje, Europska komisija (2018b) nastavlja: „Kao znanstvena disciplina, umjetna inteligencija uključuje nekoliko pristupa i tehnika kao što su strojno učenje (čiji su duboko učenje i učenje s pojačanjem specifični primjeri), strojno zaključivanje (što uključuje planiranje, raspoređivanje, reprezentacija znanja i zaključivanje, pretraživanje i optimizacija) i robotika (kontrola, percepcija, senzori i aktuatori, kao i integracija svih ostalih tehnika u cyber-fizičkim sustavima)“

Copeland (2023) definira umjetnu inteligenciju kao sposobnost računala ili robota kontroliranog računalom da izvodi zadatke koji se obično povezuju uz kognitivne procese karakteristične za čovjeka, kao što je sposobnost rasuđivanja. Prema Balaž i Meštrović (2014) umjetna inteligencija pripada području tehničkih znanosti i dio je znanstvenog polja računarstva. Ona povezuje informatiku i robotiku, znanost i inženjerstvo (Putica, 2018). Neki autori smatraju kako je umjetna inteligencija dio 4. industrijske revolucije, zajedno sa robotikom, nanotehnologijom, internetom stvari (IoT), autonomnim vozilima, kvantnim računalima te 3D tiskom (ispis u tri dimenzije) (Prister, 2019).

Umjetna inteligencija može se podijeliti prema stupnju inteligencije, pa tako razlikujemo jaku i slabu umjetnu inteligenciju. Jaku umjetnu inteligenciju karakterizira sposobnost da razmišlja na istoj razini kao i čovjek. U cilju prepoznavanja ovog oblika inteligencije, A. M. Turing je razvio test. Prema tom testu, računalo je jako inteligentno ako više od 30% osoba koje s njim neizravno komuniciraju nije sposobno odrediti je li riječ o čovjeku ili stroju. S druge strane, slaba umjetna inteligencija je ona kojoj se mogu pripisati samo neka inteligentna svojstva, poput mogućnosti prepoznavanja govora (Prister, 2019).

Važno je napomenuti da umjetna inteligencija, prema de Freitas i sur. (2022), omogućuje koncepciju niza disruptivnih rješenja za rješavanje problema vezanih uz invaliditet osobe, što za

edukacijske rehabilitatore otvara velik prostor za diskusiju o mogućoj primjeni “pametne” tehnologije u radu s djecom s teškoćama u razvoju i osobama s invaliditetom u svrhu postizanja optimalnih uvjeta obrazovanja, inkluzije i samog življenja.

## 2. PROBLEMSKA PITANJA

Primjena tehnologije u radu s osobama s invaliditetom u svijetu kontinuirano se povećava. U Republici Hrvatskoj u posljednjih nekoliko godina je u velikom zamahu primjena asistivne tehnologije, a započela se je i primjena kombinacije asistivne tehnologije i umjetne inteligencije. Međutim, praktična primjena još nije zaživjela u dovoljnoj mjeri. Zato će se u ovom radu dati prikaz istraživanja provedenih u svijetu o primjeni asistivne tehnologije i umjetne inteligencije u radu s djecom s teškoćama u razvoju i osobama s invaliditetom te razmotriti čimbenike koji utječu na primjenu te dobiti na kvalitetu života korisnika i čimbenike.

## 3. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA

### 3.1. Primjena UI i AT kod stanja iz spektra autizma

U nekoliko je radova prikazana uporaba umjetne inteligencije za otkrivanje i dijagnostiku nekih neurorazvojnih poremećaja. Prema Bosl i sur. (2011), određeni podaci signala iz EEG zapisa mogu biti biomarkeri za dijagnostiku upravo takvih razvojnih teškoća, pa tako Pham i sur. (2020) u svome radu opisuju implementaciju sustava umjetne inteligencije kroz LSDA (Locality sensitivity discriminant analysis) koji radi po principu pronalaženja zajedničkih točaka različitih značajki i klasifikaciji istih u pripadajuće klase. Rezultati pokazuju da je klasifikacija podataka i značajki EEG-a u svrhu otkrivanja autizma bila izuzetno uspješna i učinkovita, čak u 98% slučajeva. Slično je opisano i u radu Oh i sur. (2021), gdje se koristio SVM (Support vector machine). Ustanovljena je točnost klasifikacije u visini od 98,7%. Ovaj razvijeni sustav klasifikacije će vrlo vjerojatno biti pomoćni alat djelatnicima zdravstvene skrbi u detekciji autizma (Oh i sur., 2021).

Literatura na temu umjetne inteligencije i asistivne tehnologije u području rada s autističnim osobama prikazuje robotsku intervenciju, stoga valja najprije navesti što stručnjaci kažu o ulozi asistivnih robota, potencijalnim koristima, problemima te smjernicama za njihovo dizajniranje.

Uloga socijalnih robota u rehabilitaciji autizma je:

1. medijator između terapeuta i djeteta s autizmom (Robins i sur., 2010),
2. interaktivni predmet kojim se privlači i zadržava pažnja djeteta (Robins i sur., 2006) i
3. uređaj koji facilitira zabavljanje djeteta tijekom terapije (Scassellati i sur., 2012).

Pokazalo se da roboti pobuđuju interes i društvenu interakciju s malom djecom (Tanaka i sur., 2007) kao i angažman autistične djece različite dobi (Stanton i sur., 2008; Robins i sur., 2004; Feil-Seifer i Matarić, 2008). Jedan od razloga za korištenje robota u terapijama za autističnu djecu je činjenica da robot podsjeća na igru igračkom i na taj način se potiče djecu s autizmom da percipiraju i odgovore na vanjske zahtjeve iz okoline na najmanje moguće invazivan način (Rudović i sur., 2017). To je uglavnom zahvaljujući činjenici da roboti mogu modulirati svoje ponašanje vodeći se djetetovom unutarnjom dinamikom (pomoću prethodno programiranih algoritama) i upuštati se u ponavljajuća/repetitivna ponašanja, za razliku od ljudi (Wainer i sur., 2014). To potvrđuje istraživanje Arshada i sur. (2020) gdje su učitelji u intervjuima naveli veliku prednost robota naspram učitelja po pitanju ponavljanja jednog te istog, što robot može činiti bez umaranja.

Scassellati i sur. (2012) su utvrdili da djeca koja imaju teškoće u komunikaciji iznenađujuće lakše komuniciraju kada je ta interakcija potpomognuta robotima. Kako se terapija imitacijom pokazala učinkovita i korisna za djecu s poremećajem iz spektra autizma (Field i sur., 2001), tendencija je bila osmisliti algoritme i software koji omogućuju robotima da u realnom vremenu imitiraju djetetove pokrete (Colton i sur., 2009). Imitacijska ponašanja, poput posezanja, su privlačnija i više motivirajuća kada se, osim rehabilitatora, koristi i robot (Pierno i sur., 2008; Suzuki i sur. 2017). Stručnjaci koji istražuju načine primjene robota kao alate za terapiju autizma često izvještavaju o povećanom angažmanu, većoj razini pažnje i novim društvenim ponašanjima kao što su zajednička pažnja i spontana imitacija kada su roboti dio interakcije (Scassellati, 2007; Ricks, Colton, 2010; Diehl i sur., 2012 ). Takva društvena ponašanja su rijetka kod autistične djece, ali dokazi ukazuju na činjenicu da su ona ipak češće izazvana u terapiji robotima, bilo spontano ili uz poticaj (Colton i sur., 2009). Neka od tih ponašanja mogu se pripisati činjenici da roboti predstavljaju novi senzorni stimulans, ali neka – poput „turn-taking“ s drugom djecom, izražavanje empatije, inicijacija fizičkog kontakta - upućuju na to da roboti predstavljaju nišu između neživih društvenih bića (koja se ne upuštaju u neočekivana ponašanja) i živih (čija ponašanja mogu izazvati zbunjenost i stres za djecu sa spektra) (Scassellati i sur., 2012). Vjeruje se da će razvoj temeljnih socijalnih vještina za autističnu djecu omogućiti da budu na višoj razini funkcionalnosti, ali i biti dodatan poticaj roditeljima/skrbnicima za suočavanje s izazovima njihove brige i skrbi (Colton i sur., 2009). Glavni cilj istraživača ovog područja jest razviti robotske sustave koji potiču pozitivne i produktivne interakcije. Sposobnost generalizacije je pretpostavka s kojom su se brojni istraživači upustili u istraživanja područja rada s djecom s teškoćama kroz implementaciju robotike, videći je kao glavnu korist za takvu populaciju. Kako bi se potaknula generalizacija, poželjno je da se robot koristi kao objekt koji privlači pažnju i dozvoljava priliku djetetu i terapeutu za aktivnosti združene pažnje, da robot oblikuje socijalna ponašanja koja uključuju terapeuta te da se robot koristi kao kognitivno ortotičko pomagalo (*cognitive orthotic aid*) koje olakšava komunikaciju djeteta i roditelja/skrbnika (Colton i sur., 2009). Iako zanimljiva, mala je vjerojatnost da interakcije s robotom dovode do razvoja generalizacije socijalnih vještina s terapeutom (Colton i sur., 2009). Robotske socijalne vještine su vrlo jednostavne i vrlo je vjerojatno da će takve ostati u bliskoj budućnosti. Neki istraživači pretpostavljaju da će šanse za generalizacijom socijalnih vještina ipak biti veće ukoliko robot poprima antropomorfni oblik



(Scassellati i sur., 2012). Međutim, ne postoje dokazi koji podupiru tvrdnju da će se socijalna ponašanja promatrana u interakciji između autističnog djeteta i robota generalizirati i pojaviti u interakciji djeteta i drugih ljudi. Kako postoje brojni potencijalni benefiti za djecu s autizmom od korištenja robota u rehabilitaciji, tako postoje i neki problemi, točnije, izazovi. Robins i sur. (2004) napominju da pri korištenju robota za terapiju s djecom s autizmom ili SLI treba izbjegavati uvođenje novih ili jačanje starih stereotipnih ponašanja. To uključuje pružanje predmeta na koji se dijete može fiksirati (Stanton i sur., 2008). Također, postoji pretpostavka da će biti izazvana nepoželjna ponašanja po završetku rada s robotom (Alemi, 2016). Wood i sur. (2021) govore kako se od terapeuta zahtjeva da svoju pažnju dijeli na dijete i robota jer se mora pobrinuti da robot primjereno odgovara na djetetovo ponašanje. Ono predstavlja zahtjevan i dugoročno neodrživ model rehabilitacijskog rada s autističnom djecom. Tom problemu se pokušalo doskočiti razvijanjem veće autonomije i samostalnosti kod robota u terapiji, međutim, postoje istraživanja koja govore da za ovu populaciju nije poželjno razvijati sustav potpune autonomije asistivne tehnologije (Peca, 2016). Osim toga, navodi se da bi moglo doći do nemira i stresa kod djeteta ukoliko robot ne reagira na odgovarajući način djetetu (Wood i sur., 2021). Obzirom na takvo stanje, najučinkovitije je stvarati semi-autonomne modele sustava koji smanjuju kognitivni teret terapeuta, no i dalje zahtijevaju da terapeut ima kontrolu (Wood i sur., 2021).

Dizajniranje i stvaranje robota radi terapijskog rada s djecom s PSA zahtjeva multidisciplinarnu suradnju stručnjaka raznih područja, kao što su mehaničko inženjerstvo, elektroničko inženjerstvo, područje interakcije čovjeka i robota, područje interakcije djeteta i robota te edukacijske rehabilitacije koja podrazumijeva znanje o autizmu (Wood i sur., 2021).

Scassellati i sur. (2012) navode da je potrebna suradnja stručnjaka iz područja psihologije i računalnih znanosti/inženjerstva. Navode i da je pisanje ovakvih radova problematično, uzevši u obzir činjenicu da su radovi različito koncipirani, pisani, provođeni te imaju drugačije eksperimentalne standarde (Scassellati i sur., 2012). Neke smjernice pri budućim projektima dizajniranja novih robotskih sustava za primjenu u terapiji s djecom s PSA su: fokusiranost na korisnika, korisnost, pouzdanost, sigurnost i pristupačnost cijenom (Wood i sur, 2021).

U nastavku su prikazana neka istraživanja o rehabilitacijskoj terapiji djece s poremećajem spektra autizma kroz implementaciju robota.

Istraživanje Kim i sur. (2017) je usmjereno na predviđanje društvenog angažmana kroz procjenu emocionalnog stanja djece. Autori ovog rada koriste audiosnimke kao ulazne jedinice za analizu emocionalnog stanja autistične djece. Te iste jedinice su proslijeđene modelu Support Vector Machine, koji je integriran u robotski sistem, koji potom svojim algoritmima procjenjuje društveni angažman djeteta tijekom igre s robotima. Koristila su se dva robota: humanoidni (antropomorfno izgleda) robot Robotis Mini ili Robotis OP2 koji su imali mogućnost prikaza gesti te robot Romo na mobilnom uređaju s mogućnošću prikaza facijalnih ekspresija. Oba robota su imali programiran prikaz istog spektra emocija, ali je humanoid emocije prikazivao kroz zauzimanje pozicija, a mobilni robot kroz promjene na "licu" koje se nalazilo na zaslonu mobilnog uređaja. Uzevši u obzir da je složenost ljudskog emocionalnog izražaja vrlo čest problem i prepreka autističnoj djeci za razumijevanje socijalnog konteksta i socijalizaciju, korištenje ova dva robota je olakšao izdvajanje i artikulaciju emocija. Roboti su se u interakciji s djecom koristili unaprijed programiranim scenarijima, gestama, igrama, kao i samim emocijama djeteta koje pokazuje u trenutku. Roboti bi upravljali načinom komunikacije s djetetom ovisno o njegovim emocionalnom stanju (primjerice, ako ono zaplače, svoje ponašanje bi usmjerio na način da utješi dijete). Također, u pozadini bi robotski sustav puštao glazbu koja odgovara djetetovu raspoloženju radi što bolje povezanosti s njim. Ovaj rad prikazuje pristup procjene emocija baziran na zvuku i govoru koji raspravlja o mogućnosti održavanja prirodnije interakcije između autistične djece i robota, omogućujući robotu da točnije procijeni razinu angažmana djece i modificira svoje odgovore kako bi održao interaktivno učenje.

Drugi rad se također tiče procjene djetetovog društvenog angažmana. U istraživanju (Rudović i sur., 2017) se analizira bihevioralna uključenost djece s autizmom u radnoj terapiji potpomognutom humanoidom NAO-m unutar 2 različite kulture (Japan i Srbija). Promatrane su razlike u grupama glede težine zadatka, stupnju afektivnosti (koja se mjerila kroz valenciju: zadovoljstvo – nezadovoljstvo te uzbuđenje: uspavanost-budnost) te bihevioralnim znakovima (facijalne ekspresije). Ove dimenzije su odabrane jer je važno da robot bude sposoban odabrati zadatak koji je primjereno zahtjevan i doprinose gradnji kompjuterskog razumijevanja i stvaranju algoritama strojnog učenja koji mogu procijeniti razinu djetetove uključenosti. Protokol rada je bio sljedeći:

1. uparivanje sličica statističnih facijalnih ekspresija emocija s pozama Neo robota od strane terapeuta, koristeći se daljinskim upravljačem;
2. 2. prepoznavanje – na temelju položaja robota u prostoru dijete bira sličicu, ukoliko dijete točno pokaže, dobiva pohvalu i ide se na drugu emociju, u protivnom samo se ode na drugu emociju;
3. 3. imitacija Nao-vih tjelesnih ekspresija, i
4. kroz pričanje priče, djetetu se postavljaju pitanja o pretpostavkama emocija robota, pokazujući sposobnost socijalne imaginacije.

U situacijama manjka zainteresiranosti djeteta, terapeut bi aktivirao robota da kaže: “Hi, hello”. Nad svom djecom se provodila procjena uslijed interakcije s Nao-m temeljena na CARS – Childhood Autism Rating Scale. Pokazalo se da su djeca iz Srbije imala statistički značajno više rezultate. Interakcije s robotom su snimljene kamerom i mikrofonom. Kako bi definirali razinu djetetova sudjelovanja, autori su se poslužili primjerom istraživača Kim i sur. (2012) koji su koristili skalu mjerenja 0-5, pri čemu je 0 odgovarala ponašanju niske uključenosti i podrazumijevala pokušaje izbjegavanja od strane djeteta, dok je 5 označavala potpunu uključenost. Tako su ocjenjivali izvođenje svakog od gore navedenih zadanih zadataka (aktivnosti). Potom su djetetovo rješavanje svakog zadatka vrednovali u pogledu afektivnosti (valencija i uzbuđenost) i facijalnih ekspresija. Za vrednovanje valencije i uzbuđenja osmišljena je ordinalna skala od -2 do 2, i to isključivo promatrajući određene objektivne fizičke značajke djeteta. Pokušalo se identificirati ključne ponašajne znakove koji se očituju kod sudjelovanja i njihova veza s drugim parametrima (pr. valencija i uzbuđenje s CARS), što je ključno za dizajniranje socijalnih robota za primjenu u terapiji autizma. Također se želi potaknuti razvoj robota koji naturalistički komuniciraju s djecom s teškoćama, čija se interakcija temelji na robotskoj sposobnosti procjene razine sudjelovanja u skladu s kojom se primjereno odgovara. U ovom radu je vidljivo koje su razlike između kultura, pa autori postavljaju važno pitanje za daljnji napredak na ovome području sagledavajući robotski sustav - kako dizajnirati personaliziran model koji će se moći prilagoditi svakom autističnom djetetu? To je velik problem, uzevši u obzir velike individualne razlike te djece. U zaključku se navodi da treba dalje provoditi longitudinalna istraživanja (ovo je bilo provedeno u jednom danu) koji će dati više rezultata na temu kako mjeriti, povećati i olakšati napore rehabilitatora i terapeuta u radu s djecom s autizmom i koju tehnologiju razvijati u sklopu toga.

Istraživanje (Rudović i sur., 2018) se nastavlja na prethodno, Rudović i sur. (2017), točnije, riječ je o gotovo istim autorima koji su, potaknuti svojim prethodnim istraživanjem koje je pokazalo velike razlike među grupama različitih kultura, željeli osmisliti personaliziran sustav strojnog učenja za robotsku percepciju afektivnog stanja i razine sudjelovanja u terapiji autizma. Na samom robotu su bili smješteni mikrofoni i kamera, zahvaljujući kojima je sustav mogao bilježiti facijalne ekspresije, pokrete glave, tijela, položaje, geste djece i prikupljati audiozapise. Na djetetovo zapešće bi bila stavljena narukvica koja je prikupljala podatke o autonomnoj fiziologiji (otkucaji srca, elektrodermalnoj aktivnosti, temperaturi tijela). Stručnjaci su također provodili procjenu u domenama valencije, uzbuđenja i sudjelovanja. Primarna svrha ovog istraživanja je usporedba personaliziranog sustava procjene umjetne inteligencije i procjene “tradicionalnih” stručnjaka, na temelju kojeg se dalje može razvijati robotski sustav koji je sposoban (polu)autonomno i pravovremeno reagirati s obzirom na razinu djetetova angažmana i afektivnog stanja. Rezultati procjene sustava strojnog učenja i procjene stručnjaka su uspoređeni, te je dobivena razina poklapanja koja iznosi 60%.

Istraživanje Wooda i sur. (2021) je bilo usmjereno na upotrebu humanoidnog robota Kaspara u podučavanju autistične djece vizualnoj perspektivi. Ona ima dvije razine: prva – razumijevanje da drugi imaju drugačiju percepciju realnosti od nas samih; druga – razumijevanje da dvoje ljudi koji promatraju isti objekt iz različitih stajališta mogu vidjeti različite stvari. Podučavanje vizualne perspektive se vrši na način da se djetetu da mogućnost da vidi svijet iz perspektive robota igrajući razne igre i uključujući se u razne aktivnosti s istim robotom. Robot ima arhitekturu deliberativno-reaktivne kontrole (Sense-Think-Act) za semi-autonomnu CRI (child robot interaction) (Zaraki i sur., 2018). Unutar ovog sustava postoje 3 dijela: prvi je zadužen za primanje informacija o verbalnoj i neverbalnoj komunikaciji djeteta, te informacije iz “tijela” robota, drugi je deliberativan te treći reaktivan dio sustava. Po primitku informacija od djeteta i robota prilikom njihove interakcije, deliberativnom dijelu sustava se šalju važne informacije djeteta u okolini te on također prima pojačani feedback robota. Nadalje, iz tog dijela sustava se šalju upute o pažljivo biranom obliku ponašanja u reaktivni dio sustava koji robotu šalje signale upravljanja motorikom i istovremeno od njega prima informacije o statusu izvođenja akcije. Deliberativni sustav također prima povratnu informaciju iz reaktivnog dijela temeljem koje modificira odabir ponašanja. Sva ta recipročna komunikacija različitih dijelova sustava se odvija zahvaljujući IrisTK alatu čiji se rad temelji na događajima unutar interakcije čovjek – robot (*human robot interaction -HRI*) u stvarnom vremenu (Skantze i Moubayed, 2012). Kaspar je opremljen kamerom smještenom u očima, raznim senzorima. Također, ima nekoliko unaprijed programirana oblika ponašanja koji uključuju razne posture, mahanje rukom, udaranje po tamburinu, pjevanje dječjih pjesmica. U sklopu sustava spada i računalo koje putem zaslona pokazuje nekoliko predloženih ponašanja s obzirom na procjenu sustava. Terapeut bira ponašanje koje smatra najprikladnijim te robot upravo to ponašanje ispoljava. Autori su testirali ovaj poluautonoman sustav. Četvero djece na spektru autizma različitih razina funkcionalnosti je igralo 4 igre, od kojih je jedna zahtijevala da se upare u parove. Sve su bile usmjerene na zauzimanje vizualne perspektive te su uključivale: stavljanje igračaka u vidno polje robota, pokazivanje Kasparu slika životinja koje su se nalazile na različitim stranama kocke, fizičko usmjeravanje Kasparove glave da “gleda” igračke životinje koje su smještene na raznim mjestima u prostoriji kao i upravljanje njegovom glavom pomoću dva joystick-a (jedan za horizontalno, drugi za vertikalno pomicanje glave) u svrhu istog – to je bila aktivnost u paru. Rezultati su pokazali da su djeca uspješno rješavala zadatke ukomponirane u igru i da je

predstavljena arhitektura dovoljno snažna te da je olakšala ispunjenje zadanih ciljeva, no nedostaci su ticali teškoća u percepciji sustava, odnosno u analizi objekta zbog loših uvjeta osvjetljenosti.

Nadalje, postoji longitudinalno istraživanje koje uključuje rad s djecom s PSA i ADHD-om koristeći se asistivnim robotom (Rakhymbayeva i sur, 2020). Autori su prikazali svoj rad koji se i dalje nastavlja. U svom radu su primjenjivali ponašanja koja su nova za djecu, podrazumijevaju pozdrave, rukovanja, “davanje petice”, pokazivanje znaka “peace”, slanje “puse”, zagrljaje, zijevanje i dr. Sva ta ponašanja su popraćena uvodom u primjerenu socijalnu situaciju/kontekst u kojem se ta ponašanja inače spontano događaju. Robot bi reproducirao određeno ponašanje, zatim bi zatražio od djeteta da ponovi tu radnju s roditeljem/terapeutom. Ukoliko bi dijete uspješno izvršilo zadatak, robot bi pljeskao. Ciljana ponašanja koja su istraživači pokušavali podučiti kroz seanse su imitacija, združena pažnja, turn-taking i poticanje/održavanje pozitivne emocionalne dobrobiti djeteta. Sudjelovalo je sedmero predškolaraca i osmero djece školske dobi, svi muškog spola. Iako provođenje ovog istraživanja nije završeno, podaci o vremenu koje je dijete provelo uključeno u aktivnost (obraćajući pažnju, što bi se očitovalo osmijesima, izvršavanju zahtjeva, verbalnom odgovaranju na pitanja) ukazuju na to da korištenje robota povoljno utječe na angažman djeteta s PSA i ADHD-om te da pruža prilike za edukacijsku rehabilitaciju i održavanje emocionalne dobrobiti. Roditelji su u intervjuima naveli kako primjećuju promjene kod svoje djece kao što su poboljšanje socijalnih vještina kontakta očima i koncentracije; kod neke se pojavio interes za zvukove u prometu, a neka neverbalna djeca su počela izgovarati jednostavne riječi poput “Bok”, “Tik-tak” i sl.

Tvrtka Crayon (2020) je izumila društveno-asistivni robot Kiwi koji pomaže u podučavanju matematičkih i socijalnih vještina kod djece s PSA. On vrši procjenu djetetova ponašanja detektirajući je li ono uključeno u aktivnost treniranja/učenja ili nije. Ukoliko nije, robot će primjereno reagirati, potičući dijete da se uključi u aktivnost. Radi prikupljanja podataka, Kiwi je korišten u 17 kućanstava djece s PSA kroz mjesec dana. Tijekom ovog vremena, djeca su igrala niz matematičkih igara svemirske tematike na mobilnim uređajima, uz Kiwijeve upute i feedback. S vremenom je Kiwi mogao procijeniti koji bi bio najprikladniji odgovor u datoj situaciji s tim djetetom. Isto tako, djetetu bi se prilagodila i zahtjevnost igrice. Uslijed inicijalnog testiranja, utvrđena je točnost Kiwijeve procjene od 90%.

Rad Arshada i sur. (2020) prikazuje upotrebu robota kao alata asistivne tehnologije u povećanju kognitivnih sposobnosti i stvaranju prilike za vrijedna iskustva učenja kod malezijske djece s autizmom. Budući da je riječ o populaciji koja ima teškoće u razumijevanju mjesnih vrijednosti, (primjerice, da 41 nije isto što i 14 te da je 14 zapravo  $10+4$ , odnosno 41 je  $40+1$ ), koristeći sustav LEGO Mindstorms EV3, napravljen je i programiran PvBOT robot koji je podučavao osnovni koncept mjesne vrijednosti u matematici. Sudjelovalo je osmero djece (50% muške, 50% ženske; 10-13 godina; visoko-srednje funkcionirajući autizam), a šest učitelja specijalnog obrazovanja sudjelovalo je u intervjuima. Djeca su sudjelovala u tradicionalnim satovima i u satovima robotske intervencije te su bila ocjenjivana na kraju svake sesije. Sustav je opremljen sensorima koji detektiraju dodir, zvuk, svjetlost. Sustav EV3 je zapravo “mozak” operacije - računalo koje kontrolira senzore, pokrete, funkcije robota. Umjesto humanioda, odabran je izgled mehanoïda visokog 22,5 cm kako se djeca ne bi preplašila i kako bi se privukla veća pozornost. Važno je napomenuti da je robot repetitivno podučavao mjesnim vrijednostima na bahasa malezijskom jeziku. Na podu je bila postavljena crna linija na kojoj bi se nalazile 3 kartice sa znamenkama koje je dijete moglo samostalno birati i rasporediti, zatim pritisnuti tipku Start. Robot bi djelovao na sljedeći način:

1. započeo bi svoje kretanje s desna na lijevo po ravnoj crnoj liniji prateći putanju,
2. senzor bi detektirao prvu znamenku i njenu mjesnu vrijednost te bi robot vokalno reproducirao brojku s pripadajućom mjesnom vrijednosti (jedinice),
3. isto bi učinio i s drugom znamenkom kada bi stigao do nje (desetice),
4. treća znamenka (stotice) i naposljetku
5. PvBOT bi izrekao cijeli broj riječima i prekinuo kretanje.



Mogao je isto činiti i s dvoznamenkastim i jednoznamenkastim brojevima, ponavljajući korake 1.,2.,3. i 5., odnosno 1.,2. i 5. Svako dijete je imalo priliku raditi s robotom 15 minuta uz minimalno vođenje od strane učitelja, dok su istraživači provodili opservaciju. Za potrebe ovog istraživanja, pripremljena su dva modula: prvi je za ishod imao razumijevanje mjesne vrijednosti jedinica i desetica, a zatim drugi stotica. Oba su predstavljena u dva različita okruženja učenja: tradicionalno, provođeno od strane učitelja koristeći ploču i markere, i drugo uz asistivnu tehnologiju koristeći se robotom. Grupa 1 bi prvo prošla tradicionalnu poduku, zatim učenje uz AT, a druga obrnuto. Uz pomoć dva učitelja specijalne edukacije, osmišljena su pitanja procjene uslijed podučavanja. Pomoću njih se mjerio kognitivni napredak u pogledu učenja mjesnih vrijednosti radi usporedbe porasta kognitivnih sposobnosti nakon ta dva modula. Ispitalo bi ih se poslije 1 i 2. modula zatim se provodio intervju s učiteljima. Prikupljale su se dvije vrste podataka: kvantitativna analiza rezultata odgovora učenika na pitanja te kvalitativna analiza odgovora šestoro učitelja (koji su opservirali) na pitanja kroz intervju. Na temelju rezultata testova djece, ovo istraživanje je pokazalo da su roboti vrlo učinkovit asistivni alat koji, u usporedbi s tradicionalnim učenjem, doprinosi pozitivnom povećanju znanja o sadržaju i poboljšanju sklonosti prema učenju kod djece s PSA (na to ukazuju aritmetičke sredine rezultata djece, i sam raspon SD koji je manji kod robotske intervencije). Time se pokazuje potencijalna upotreba robota kao AT alata za učenje u učionici. Učitelji su u intervjuima istaknuli četiri vrijedne prednosti korištenja robota u učionicama: promicanje interesa i angažmana, povećana pažnja i fokus, potaknute interakcije i komunikacija, stvaranje sretnog i zabavnog okruženja za učenje. Dotaknuto je i pitanje zamjene učitelja robotom – navode kako smatraju da se to nikako ne može dogoditi jer će učitelj uvijek biti potreban u razredu radi organizacije nastavnog sadržaja i gradiva, nadzora nad djecom, njihove sigurnosti, emocionalno stabilnog stanja, intervencije u hitnim situacijama, dodatne asistencije kada je to potrebno i sl.

U nastavku bit će prikazani neki radovi koji se tiču uporabe asistivne tehnologije oslonjene na umjetnu inteligenciju u području rada s djecom s PSA, bez implementacije robota.

Abirached i sur. (2011) su objavili rad na temu poboljšanja komunikacijskih vještina djece na spektru kroz interakciju s virtualnim likovima. U radu je predstavljena igrica čiji je cilj pomoći autističnoj djeci prepoznati emocije temeljem facijalnih ekspresija. Četiri su moguća načina rada:

- prepoznavanje ekspresije (korisnik treba prepoznati o kojoj je emociji riječ na prikazu, ograničeno vremenom);
- stvaranje lica (računalnim mišem korisnik povuče i ispusti željene značajke lica kako bi stvorio 3D avatara);
- postani svoj avatar (sastoji se od 3 razine: prva – avatar oponaša korisnikove facijalne ekspresije; druga - vježba izražavanja, igrač pokušava postići ciljani izraz lica; treća - igrač slijedi i prati izraz avatara);
- življenje priče (priča se priča, igrač stvara ekspresiju koja odgovara situaciji).

Prilikom stvaranja lica, tj. 3D avatara, na prvoj razini djecu se potiče da gledaju i prepoznaju lica i izraze. Na drugoj razini se potiču da uče kroz rad, odnosno aktivno eksperimentiraju s različitim mogućnostima konstruiranja željenog izraza lica. Na trećoj razini, djeca se ne potiču samo na prepoznavanje i oponašanje, nego i konkretno stjecanje iskustva kako napraviti izraz vlastitim licima. Konačno, djecu se potiče da generaliziraju ili prenose svoje poznavanje izraza lica u situacije iz stvarnog života, te se od njih zahtijeva da razumiju svaku emociju. Četiri načina se razlikuju po svojoj interaktivnosti i angažiranosti. Djeca su bila poticana na igranje ovim načinima u sekvencijalnom načinu, ali za početak bi se morale izvršiti prilagodbe. Za automatsko prepoznavanje facijalnih ekspresija igrača korišten je model aktivnog izgleda (Active appearance model). Riječ je o algoritmu računalnog vida za usklađivanje statističkog modela oblika i izgleda objekta s novom slikom. U fazi treninga na prvoj razini trećeg načina rada se djecu potiče da gledaju i prepoznaju lica i izraze. Na drugoj se potiču da uče kroz rad, odnosno aktivno eksperimentiraju s različitim mogućnostima konstruiranja željenog izraza lica. Na trećoj se razini djeca ne potiču samo na prepoznavanje i oponašanje, već i konkretno stjecanje iskustva kako napraviti izraz vlastitim licima. Konačno, djecu se potiče da generaliziraju ili prenose svoje poznavanje izraza lica u situacijama iz stvarnog života, zahtijevajući od njih da razumiju svaku emociju. Četiri načina se razlikuju po svojoj interaktivnosti i angažiranosti. Djeca su bila poticana na igranje ovim načinima u sekvencijalnom načinu, ali za početak bi se morale izvršiti prilagodbe. Za automatsko prepoznavanje facijalnih ekspresija igrača korišten je model aktivnog izgleda (Active appearance model). Riječ je o algoritmu računalnog vida za usklađivanje statističkog modela oblika i izgleda objekta s novom slikom. U fazi treninga se manualno na snimci korisnikovog lica postavlja mreža povezanih koordinata orijentira. Kasnije se mreža automatski postavlja i slika se generira te daje povratnu informaciju sustavu. U istraživanju je sudjelovalo devetero djece (4-11 god., 6 djece s visokofunkcionirajućim autizmom, 2 djece u sredini spektra) uz prisustvo roditelja. Rezultati su pokazali da djeca pozitivno odgovaraju na igru. Roditelji su navodili kako su im zanimljive igre koje uključuju priče s društvenim scenarijima. Svi su sudionici uživali u zvučnom feedbacku, međutim nekoliko ih je namjerno odgovaralo pogrešno na zahtjev igrice jer im je draži audiofeedback pogreške. U tom slučaju autori navode da bi bilo korisno da značajke igrice budu podesive i podložne personalizaciji kako bi se takve situacije mogle izbjeći. Sudionici su rado spajali set slika sa zadanom facijalnom

ekspresijom. Međutim, izostalo je stvarno prepoznavanje o kojoj je emociji riječ. Prijedlog je da, umjesto slika, bude ponuđen tekst ili prikaz drugog lica, čime se potiče i generalizacija.

Empower Me je sustav koji funkcionira u sklopu pametnih naočala koja poboljšava društvene i kognitivne vještine djece i odraslih s autizmom u svrhu samodostatnosti (Business Wire, 2017). Riječ je o “nosivoj” asistivnoj tehnologiji koja ne zahtjeva upravljen pogled dolje prema ekranu niti korištenje ruku za razliku od tableta ili mobilnih uređaja, što olakšava interakciju s drugima. Empower Me podržava nekoliko aplikacija. U nastavku će biti predstavljen Emotion Charades. To je nagrađivana aplikacija čija funkcija leži u identificiranju i razumijevanju emocija sugovornika. Ovaj softver detektira emocije i glasovne naredbe zahvaljujući umjetnoj inteligenciji i akcelometru koji bilježi kimanje glavom, koje služi za biranje emotikona koji najbolje odgovaraju raspoloženju sugovornika prema prosudbi korisnika. Emotikoni su smješteni s jedne ili druge strane lica sugovornika te se pojavljuju na privatnom, personaliziranom zaslonu pametnih naočala. Riječ je o nenametljivom prikazu inteligentnih vizualnih znakova. Početničke razine zahtijevaju prepoznavanje osnovnih emocija. Napredne (za verbalnu ili stariju djecu, odnosno odrasle) potiču raspravu o tome što pojedina emocija znači za osobu. Osvajaju se bodovi i nagrade ovisno o uspješnom dekodiranju i razumijevanju osjećaja roditelja, terapeuta, obitelji i prijatelja. Upravo time motiviraju mlađe korisnike. Korisnici ističu kako su zadovoljni ovim proizvodom, da im je izuzetno drago što njime mogu prepoznati kada dosađuju drugima svojom pričom. Empower Me usmjerava pažnju na društvene značajke te pomaže korisniku da se usmjeri na regije lica i očiju kada je to poželjno. Napredak se može pratiti preko nadzorne ploče kojoj je moguće vrlo lako pristupiti preko web-stranice na kojoj god lokaciji se nalazili. Ona daje podatke o kvantitativnim mjerenjima koji se tiču korisnikovih snaga, izazova i samog napretka.

Sljedeći rad predstavlja govornu edukativnu igru Emotify koja pomaže djeci s PSA ispravno identificirati i izraziti emocije (Rouhi i sur., 2019). Ova interaktivna multimedijaska igra za verbalnu djecu s PSA potiče otkrivanje vlastitih emocionalnih sfera. Projekt je osmišljen u suradnji sa psiholozima, a njegova uporaba automatskog prepoznavanja emocija putem detekcije i analize visine glasa mogla bi stvoriti put prema boljem razumijevanju kognitivnih i emocionalnih mehanizama povezani s neurorazvojnim kašnjenjem i prema novim oblicima terapijskih intervencija za ove pojedince. Emotify ima 2 glavna dijela: prvi je usmjeren na podučavanje djeteta, a drugi na testiranje usvojenih vještina. Oba dijela se sastoje od 2 faze. U prvoj fazi prvog dijela se sreća, tuga, ljutnja i neutralnost prezentiraju korisniku pomoću animacija i ljudskih lica. Zatim, u drugoj fazi, izražavanje emocija na ljudskim licima se povezuje s govornim snimcima kako bi ih se podučilo kako izraziti emocije tonom glasa. U prvoj fazi drugog dijela sustav verificira djetetovu izvedbu glede prepoznavanja emocija kroz pitanja povezivanja emocionalnog stanja s prikazanim animacijama ili reproduciranim audiosnimkama. U drugoj fazi dijete treba izraziti zadane osjećaje vlastitim tonom glasa. Sustav koristi algoritam strojnog učenja kako bi procijenio djetetov glas i generirao feedback. Evaluacija algoritma automatskog prepoznavanja emocija je pokazala točnost od čak 72%.

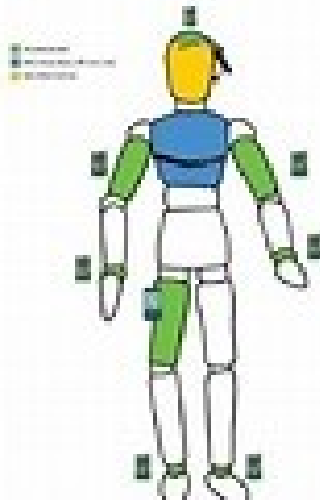
U tablici 1 prikazano je 11 aplikacija koje je vrijedno spomenuti kada se govori o asistivnoj tehnologiji i umjetnoj inteligenciji u rehabilitaciji djece i odraslih na spektru autizma. Svaka od njih je ukratko opisana i istaknute su najvažnije značajke pojedine aplikacije.

Tablica 1 Aplikacije koje koriste UI i AT u radu s djecom i odraslima s PSA

IME APLIKACIJE	OPIS APLIKACIJE	ZNAČAJKE APLIKACIJE
AUTISMATE (AutisMate, n.d.)	Razvoj komunikacijskih i svakodnevnih vještina; dozvoljava stvaranje kontekstualnog okruženja; prikaz vizualnih scena, video modeliranje, vizualan raspored, slikopriče	Prilagodljiva za različite razine funkcioniranja; laka za korištenje

IME APLIKACIJE	OPIS APLIKACIJE	ZNAČAJKE APLIKACIJE
PREFERENCE & REINFORCER ASSESSMENT - AUTISM AND SPECIAL EDUCATION (Preference & Reinforcer Assessment - Autism & Special Education, n.d.)	Na učinkovit i znanstveno utemeljen način utvrđuje djetetove preferencije, što je korisno za modificiranje ponašanja	Lako postavljanje; automatsko računanje rezultata i njihov prikaz na zaslonu
WAIT TIMER (App Store, n.d.)	Vizualni i auditivni alat za podučavanje primjerenom čekanju; uključuje socijalnu priču o čekanju i audio-vizualni vremenski brojač	Lako postavljanje; brojač kodiran bojom; vrijeme čekanja podesivo
TALKING LARRY (Talking Larry the Bird, n.d.)	Zabavna i šaljiva aplikacija koja potiče dijete da govori; lik Larrya komičnim glasom ponavlja rečeno i fijuče prateći reproduciranu melodiju	
VAST AUTIZAM 1 CORE (Merced County, n.d.)	Kombinira video modeliranje i pisane riječi s auditivnim znakovima kako bi učenje relevantnih riječi, rečenica i fraza bilo olakšano	Pet kategorija koje započinju slogovima i završavaju rečenicama; konkretne riječi, fraze, rečenice
AGNITUS (Agnitus, n.d.)	Edukativne igre bazirane na više od 60 kurikuluma (fonetika, jezične umjetnosti, matematičke vještine, fundamentalne vještine)	Personalizirano učenje; detaljna izvješća koja prikazuju djetetov napredak
MONTESSORIUM; INTRO	Učenje čitanju, pisanju,	Razvoj fine motorike;

IME APLIKACIJE	OPIS APLIKACIJE	ZNAČAJKE APLIKACIJE
TO LETTERS (App Store, n.d.)	bilježenju izgovorenih glasova; bazirano na Montessori metodologiji	poticanje progresu s predčitalačkih na čitalačke vještine
VISUAL SCHEDULE PLANNER (App Store, n.d.)	Audio-vizualni rasporedi dizajnirani da pruže pojedincu prikaz “događaja u danu”	Osobne fotografije, ikone iz aplikacije, video modeliranje, check lista; dnevni, tjedni, mjesečni pregledi
FIREWORKS ARCADE (App Store, n.d.)	Dodirom ili povlačenjem po zaslonu se stvara svjetlosni i zvučni prikaz vatrometa; moguće gledati generiranu projekciju	Deseci oblika i efekata; svaki vatromet jedinstven
KID IN STORY BOOK MAKER (KinderTown, n.d.)	Na lagan i zabavan način stvara slikopriču u kojoj je dijete glavni lik; potiče učenje socijalnih vještina, emocija, facijalnih ekspresija, održavanje higijene	12 šablona priče; mogućnost personalizirane priče
MODEL ME GOING PLACES (Community Social Skills; Model Me Going Places, n.d.)	Vizualni edukativni alat koji pomaže djeci u privikavanju na izazovne okoline u zajednici (frizer, šoping centar, doktor, igralište, restoran, prodavaonica); prikazani su oblici prihvatljivog ponašanja	Lako korištenje; audio informacije i opisni tekst za svaki prikaz



### 3.2. Primjena UI i AT kod ADHD-a i disleksije

U svome radu, Dubreuil-Vall i sur. (2020) prikazuju primjenu konvolucijske neuronske mreže u svrhu razlikovanja odraslih s ADHD-om i zdravih pojedinaca. Riječ je o četveroslojnoj arhitekturi koja kombinira filtriranje i udruživanje analiziranih podataka. U sklopu svoga rada autori prikazuju provedeno istraživanje gdje je sudjelovalo 40 sudionika

podijeljenih u dvije grupe. Pri rješavanju zadanog zadatka je prikupljeno 2800 uzoraka podataka prikupljenih EEG-om svake grupe. Rezultati su ukazali na točnost klasifikacije pojedinaca s ADHD-om od 88%. Slično govori istraživanje Tor i sur. (2021) koje također prikazuje analizu značajki izvučenih iz EEG zapisa, no koristeći adaptivno sintetičko uzorkovanje. Poklapanje je iznosilo visokih 97,88%.

Autori Sonne i sur. (2015) su stvorili sustav nosive asistivne tehnologije za djecu s ADHD-om – CASTT - s ciljem pružanja pravovremene pomoći kroz poticanje na vraćanje pažnje na zadani zadatak kada se pojavi potreba. Prije svega, definirali su 3 ključna kriterija na temelju empirističkih dokaza i razgovora s stručnjacima koji moraju biti ispunjeni kako bi AT pružala

Slika 1. ovremene asistencije:

- osjetiti/detektirati (sensing) - moraju biti nenametljivi pri nošenju, dovoljno robusni da mogu trpjeti razredne i školske aktivnosti djeteta, brzo i lako za postaviti, izbjegavaju stigmatizaciju, kontinuirana pravovremena detekcija;
- prepoznati – da analizira stanja u isključivo sjedećem položaju, da se isključuje micanjem od stola i hodanjem, da detektira promjene fiziološkog stanja; i
- asistirati/pomoći - zanimljivi i intuitivni, imaju sustav nagrađivanja, učinkovite i diskretne obavijesti, facilitiraju završetak aktivnosti i pružaju vođenje/vodstvo, sveprisutni feedback.

Prototip se sastojao od EEG uređaja na glavi, smartphonea i akcelometara na nadlakticama, zapešćima, natkoljnicama i gležnjevima, koji su pružali info o ekscenrom ponašanju tijela



tipično za ADHD koji se očituju kad je pojedinac “van zadatka”, odnosno nije fokusiran na zadatak (Slika 1.). Asistivna komponenta CASTT-a je pružena putem kviz-aplikacije na smartphoneu. Tijekom izvršavanja zadatka na nastavi, aplikacija vibracijom daje obavijest da je postavljeno pitanje matematičkog tipa koje dijete rješava, čime se razbija njegova koncentracija na zadatak u nastavi, a potom ga potiče da se vrati na nastavni zadatak. Provedeno je istraživanje s 9 djece bez i s 11 djece s ADHD-om. Prvi dio istraživanja se sastojao od evaluacije nametljivosti i nosivosti prototipa. Rezultati su pokazali da su svi dijelovi osim seta za EEG (akcelometri na tijelu i mobilni uređaj u džepu) bili udobni za nositi. Drugi dio se sastojao od prikupljanja senzornih podataka o karakterističnim ekscenim ponašanjima za ADHD. Ovaj dio istraživanja nije prošao kako su autori očekivali jer se ispostavilo da je u toj školi koja je specijalna za djecu s ADHD-om nastava prilagođena na način da kraće traje, da su klupe postavljene na način da inhibira međusobno ometanje, što je utjecalo na rezultate, tako da su imali problem sakupljanja dovoljno podataka. Treći dio je bilo istražiti asistivnu ulogu prototipa. Na temelju podataka koji je CASTT prikupio o dužem vremenu povećane aktivnosti, kao e subjektivnu procjene ljudskog stručnjaka, pružena je asistivna intervencija putem smartphonea vibracijom. Rezultati na temelju zabilježenih podataka o tjelesnoj aktivnosti su pokazali da je dijete zaista bilo mirnije i fokusiranije uslijed intervencije aplikacije 10-12 minuta. Na temelju videozapisa autori su također zaključili da je ova metoda neometajuća za ostatak razreda, budući da nitko od kolega nije primijetio zbivanje i vađenje mobitela. Autori u zaključku navode da je potrebno još dosta istraživanja kako bi se izveli neki generalni zaključci, ali kako budućnost nosive tehnologije za osobe s ADHD-om izgleda obećavajuće i definitivno ima svoje mjesto u asistivnoj tehnologiji za ovu populaciju.

TALI Train je mobilna aplikacija koja ima AI sustav koji se prilagođava sposobnostima svakog djeteta jer se težina zadatka automatski prilagođava. Interaktivni vodič puža vizualne i verbalne upute kao i podršku i poticaj (Somma i sur., 2019). Aplikacija prikazuje scenarije i situacije koje uključuju životinje (npr. treba locirati ribu među nizom distraktora). Poboljšava se sposobnost selektivne pažnje, kontrole, inhibicije i trenira se fokus/pažnja. Za povećanje dječje motivacije postoji građeni sustav nagrade. Ovaj softver ima sustav praćenja i analize napretka te generira izvješća koja roditeljima, učiteljima i kliničarima pruža uvid u napredak djeteta. Istraživanje koje govori u prilog ovoj aplikaciji je provedeno nad djecom koja su imala intelektualne, razvojne teškoće te poremećaj pažnje. Pri prvom testiranju je zabilježeno skromno poboljšanje

na području selektivne pažnje, a na testiranju 3 mjeseca poslije je zabilježeno poboljšanje u numeričkim vještinama. Nedostatak ovog istraživanja je da djeca nisu bila diferencirana s obzirom na teškoće, te da ih je sveukupno bilo malo, no unatoč tomu, sva su djeca uspjela završiti sesije ocjenjivanja unatoč ograničenjima u području kognicije i pažnje.

Braingame Brian je igra koja također prilagođava razinu zahtjevnosti mogućnostima djeteta, primjerice, u zadatku radne memorije određeni pravokutnik zasvijetli u nasumičnom nizu i dijete treba reproducirati nasumični niz, a duljina tog niza se automatski prilagođava razini izvedbe. Tako se niz smanjuje ukoliko dijete izvrši manji broj zadataka uspješno. Ova igra potiče vizuospacijalnu radnu memoriju, inhibiciju i pruža trening kognitivne fleksibilnosti (Somma i sur., 2019). Kako bi se osigurala motivacija korisnika, unutar same igrice postoji 7 svjetova i glavni lik Brian koji pomaže ostalim likovima u rješavanju zadataka. Istraživanja su pokazala poboljšanje na domeni izvršnih funkcija kao i značajno smanjenje ADHD ponašanja.

Play Attention je softver sa sustavom neurofeedbacka koji bilježi informacije o EEG signalima na kojima se očituje usmjerenost i pažnja pojedinca. Primjerice, igra letenja aviona – ako osoba nije koncentrirana, to će se vidjeti na EEG-u i avion će krenuti padati, dok će suprotno vrijediti u slučaju usmjerenosti i koncentracije (Somma i sur., 2019). Kako dijete napreduje, povećava se i zahtjevnost razina. Ovom aplikacijom se radi na poboljšanju izvršnih funkcija (radna memorija, spacijalna memorija, kratkoročna memorija, planiranje, pažnja itd.). U istraživanju je sudjelovalo 104 djece s ADHD-om, podijeljene u 3 grupe: trening s Play Attention, jednostavan kognitivni trening i kontrola uvjeta. Ispostavilo se da je u prvog grupi došlo do poboljšanja izvršnih funkcija, a što se tiče povećanja doze lijekova, u prvoj skupini je ona bila manja nego u druge dvije.

ATENTIVmynd Games je softver koji se koristi feed forward modelom (bazični tip neuronske mreže u kojem input ide samo u jednom smjeru – AI je to) koji kalkulira stanje korisnikove pažnje. Unutar ove igre postoji nekoliko igrica koje dijete može igrati, primjerice Cogoland gdje postoji avatar kojim igrač upravlja radi ostvarivanja ciljeva na različitim razinama. Algoritam stojnog učenja prikuplja informacije o aktivnostima s namjerom iz snimljenih frontalnih EEG signala, a potom feedback šalje pomoću 3D grafičkog prikaza igre na zaslonu (Somma i sur., 2019). Algoritam pretvara djetetovu razinu pažnje u postotke, e mu dozvoljava da kalibrira vlastitu koncentraciju u svrhu kontroliranja brzine igre. Pritom avatar trči po otoku u što kraćem

mogućem vremenu – dakle, trči brže što je igrač koncentriraniji. U istraživanju se ispitivala topološka promjena velikih moždanih funkcionalnih mreža izazvana softverom kod djece s ADHD-om korištenjem metode magnetske rezonance. Nakon treninga se pokazalo da je intervencijska skupina pokazala poboljšanja u sposobnostima pažnje te reorganizacije moždanih mreža, kao i povećanu funkcionalnu povezanost tih istih mreža (prekomplicirano da doslovce prevedim). Tu se radi o treningu kognitivnih funkcija: fokusirana i zadržana pažnja, kognitivna i bihevioralna inhibicija, podijeljena pažnja, samoregulacija itd.

U Cogmed Working Memory Training se radi o radnoj memoriji i treningu izvršnih funkcija (Somma i sur., 2019). Unutar ovog softvera postoji nekoliko igrica, kao npr životinje gdje se neke životinje na panoramnom kotaču istaknute u sekvencama, a dijete mora upamtiti njihov redoslijed i ponoviti ga. Sustav nagrađivanja je u sakupljanju morskih zvijezda, što motivira sudionika. Zahtjevnost razine se prilagođava u datom vremenu, ovisno o djetetovoj izvedbi. Iako je navedeno da ova igra jača radnu memoriju i izvedbu izvršnih funkcija, istraživanje to ne potvrđuje - nisu nađene nikakve razlike kod testne skupine u odnosu na kontrolnu kada govorimo o simptomima nepažnje, hiperaktivnih/impulzivnim simptomima. Također nije nađena značajna razlika po pitanju pohrane verbalnog i neverbalnog sadržaja kao i pitanju procesuiranja i manipulacije.

Rad Ndombo i sur. (2013) predstavlja inteligentan asistivan sustav za osobe s disleksijom. Kako ova populacija ima teškoće s razumijevanjem/percipiranjem dijelova riječi, tj. analizom riječi na slogove, slova, glasove, ovaj sustav pruža mogućnost usvajanja toga koristeći HMM (hidden Markov model) algoritme strojnog učenja. Stjecanje fonoloških vještina je integrirano u igru, a budući da ne izaziva zamor učenika, motivirajuća je te predstavlja dobar alat za učenje. Za stjecanje sposobnosti čitanja, učenik prvo usvaja znanje o razdvajanju riječi u slogove, prepoznavanju rime i fonema (Sergers i Verhoeven, 2004). Potom će automatski razumjeti kako se čita. Kada dijete ima usvojene vještine analize riječi i čitanja, moći će pisati. Sustav koristi PPM (prediction by partial matching) algoritme strojnog učenja kako bi poboljšao vještine pisanja disleksičnih učenika. Primjerice, ako pojedinac ne zna napisati cijelu riječ, PPM će predvidjeti ostatak umjesto učenika (pr.: “collabo” -> “collaboration”). Isto tako, ukoliko korisnik napiše krivo početno slovo ili zamjeni slova u riječi, umjetna inteligencija predviđa o kojoj riječi se radi i automatski ispravlja. Prema autorima, benefiti predloženog modela su

poboljšavanje vještina analize riječi na slogove, slova i glasove, vještina čitanja i pisanja, opismenjavanje korisnika koristeći vizualizaciju, stjecanje znanje o fonologiji, čitanju i pisanju kroz aktivnosti igrice, predviđanje riječi i slova koja nedostaju. Ovaj sustav je nova pedagoška metoda koja nadvladava barijere pismenosti kod disleksičnih učenika u razvijenim zemljama, smatra se rješenjem za osobe s disleksijom. Ovim radom se prikazuje tehnološki okvir za simultano rješavanje 3 najveće barijere disleksije primjenom jednog sustava. U fonološkom području, on podučava i unapređuje vještinu prepoznavanja slogova, rime i fonema; u području čitanja pomaže korisniku u čitanju naglas riječi u rečenici te unapređuje vještinu prepoznavanja riječi; u području pisanja sustav smanjuje broj pogrešaka (miješanje slova, okretanje slova, zamjena slova, izostavljanje slova, brisanje slova, pravopisne greške te predviđanje riječi koja nedostaje).

Athanaselis i sur. (2014) su kao cilj svoga rada imali predstaviti sustav Agent-DYSL i pritom se usredotočiti na njegovu automatsko prepoznavanje govora. Riječ je o sustavu u koji se prethodno unio vokabular grčkog jezika koji je obuhvaćao “osjetljive” riječi za disleksične osobe (riječi koje najčešće pogrešno izgovaraju ili pišu). Cilj sustava nije samo osigurati pristup nastavnom materijalu kroz sustav inkluzivnog učenja, već i poticanje razvoja vještina čitanja kroz prilagođavanje zahvaljujući feedback-u sustava. Na ovaj način ponuđeno rješenje omogućava podučavanje, razvijanje vještina samostalnog učenja i podržavanje inkluzivno obrazovanje. Autori ističu sljedeće prednosti ovog sustava u odnosu na druge softvere za asistenciju pri čitanju:

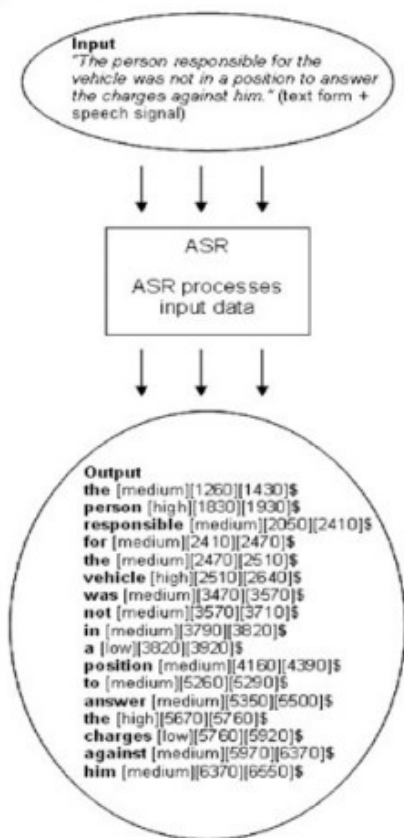
1. kombinacija dubokog znanja o korisniku i trenutnom kontekstu situacije,
2. pedagoško znanje o primjerenosti reakciji na određenu situaciju, svjesno konteksta,
3. primjerene mogućnosti adaptacije korisničkog sučelja softvera za čitanje.

Također, sustav dopušta učiteljima o stručnjacima da steknu novi uvid u učinkovitost određenih pedagoških strategija. Agent-DYSL je asistivni sustav za osobe s disleksijom koji dozvoljava čitanje bilo kojeg tekstualnog dokumenta. Sustav predstavlja tekst na naglašen/augmentativan način koristeći tehnike podcrtavanja, rastavljanja riječi na slogove, naglašavanja određenih znakova ili preventivnog čitanja riječi naglas koristeći se tehnikom pretvaranja teksta u govor. Dizajn predloženog sustava se sastoji od 4 glavne komponente: komponenta snimanja i analize (prepoznavanje slike i govora), infrastruktura znanja, komponenta profiliranja, komponenta

prezentacije sadržaja. Za pristup profilu korisnika služe navedene komponente koje personaliziraju okuženje čitanja (reading environment). Od učenika traži da pročita tekst prikazan na prozoru softvera naglas, pritom je uključen mikrofon i kamera. Zabilježeni podaci su analizirani prepoznavanjem govora i analizom lica, odnosno prepoznavanjem prikaza. Njihovi algoritmi su dio komponente čitanja i analize. Izvedbu tih algoritama evaluira komponenta infrastrukture znanja koja upravlja sustavom te je odgovorna za opskrbu sustava profilom najčešćih pogrešaka korisnika. Na kraju se profil korisnika pohranjuje u komponentu profiliranja. Komponenta prikaza sadržaja prima PDF dokument kao input te, uslijed analize, tekst te je XML mapa proizvedena. Pomoću infrastrukture znanja, tekst je analiziran (uzimajući u obzir riječi za koje je vjerojatno da će izazvati problem učeniku – za te riječi se određuju primjerene prilagodbe u obliku podcrtavanja riječi, razmaka i proreda i sl.). Osim toga, predloženi sustav pruža nekoliko multimedijских pogodnosti kao što je isticanje teksta, prored, podešavanje fontova, segmentiranje riječi na slogove, isticanje na određenim znakovima, ili preventivno čitanje riječi naglas. ASR (automatic speech recognition) je taj koji prepoznaje čitanje i detektira pogreške te omogućuje Agentu-DYSL da predvidi pogreške pojedinog korisnika uzimajući u obzir njegov mogući napredak. Na Slici 2 i 3 je prikazan output ASR-a u slučaju ispravnog i u slučaju neispravnog input-a.

**Stimulus sentence:**

*"The person responsible for the vehicle was not in a position to answer the charges against him."*



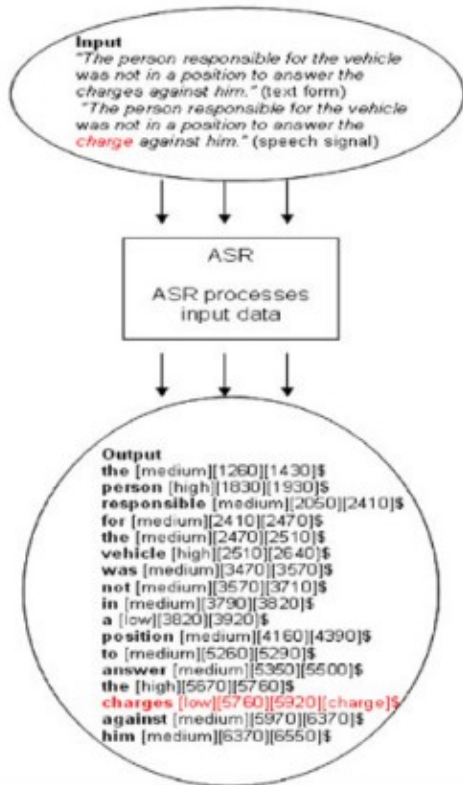
Slika 2. Output ASR-a u slučaju ispravnog input-a

Provelo se i istraživanje u sklopu ovoga rada gdje su odabrani učitelji koji su radili s učenicima s disleksijom i imali želju implementirati ovaj sustav u nastavu i podučavanje. Obučeni su za primjenu ovog sustava i članovi istraživačkog tima su im bili na raspolaganju u slučaju pitanja, poteškoća i nejasnoća. Mjerile su se domene točnosti, brzina čitanja, motivacije, samopouzdanja, relevantnost softvera. Poboljšanja je bilo na svim domenama, no najveće razlike između prvog i drugog mjerenja su bile u motivaciji i samopouzdanju, i to u pozitivnom smjeru.

**Stimulus sentence:**

"The person responsible for the vehicle was not in a position to answer the charges against him."

him."



Slika 3. Output ASR-a u slučaju neispravnog input-a

Lingvistička igra Dytective (Rello i sur., 2016) se bazira na empirijskoj lingvističkoj analizi pogrešaka disleksičnih osoba, principima usvajanja jezika te specifičnim lingvističkim vještinama povezanima s disleksijom. Riječ je o online igrici dizajniranoj za pristupačan i skalabilan probir disleksije od sedme godine života nadalje. Aktivnosti same igrice su dizajnirane da diferenciraju osobe s disleksijom i one bez. Modeli strojnog učenja predviđaju teškoće čitanja i pisanja usvajajući podatke o interakciji igrice i igrača. Dytective zapravo služi “treniranju” modela strojnog učenja da može kasnije predvidjeti tko ima disleksiju, bazirajući se na činjenicu da se greške disleksičnih razlikuju od onih koji to nisu. Autori su za početak napravili trening modela strojnog učenja s 243 osobe (od kojih je 95 s dijagnozom disleksije) u svrhu utvrđivanja razlika u čitanju i pisanju. Dytective bilježi širok spektar značajki interakcije čovjeka i stroja (npr. pokrete mišem, klikove, pogreške). Kasnije je proveden test sa 100 sudionika, od kojih je bilo 10 disleksičnih. Cilj igrača je bilo riješiti što više lingvističkih zadataka unutar vremenskog okvira. Postojalo je 17 stupnjeva raspoređenih u 32 razine - sve skupa 212 zadataka. Pri dizajniranju igre, autori su se koristili dotadašnjim znanjem o najčešćim i učestalim pogreškama populacije sa disleksijom; greške su analizirane vizualno (oblici i druge vizualne značajke slova)

te lingvistički (fonološki, fonemski, morfološki, sintaktički) te su uzete u obzir pri sastavljanju zadataka. Ovo su navedeni stadiji i područja koja ispituju:

1. prepoznavanje slova prema imenu – ortografsko procesuiranje,
2. prepoznavanje slova po zvuku - fonološka svjesnost,
3. prepoznavanje sloga - fonološka svjesnost,
4. prepoznavanje riječi - prepoznavanje riječi,
5. prepoznavanje/uočavanje ne-riječi među riječima - fonološko pamćenje,
6. diferencijacija slova – vizualna pažnja,
7. ubacivanje slova - fonološka svjesnost,
8. zamjena slova – ispravljjanje greške i fonološka svjesnost,
9. slaganje slova prema redosljedu – fonemska segmentacija i fonološka svjesnost,
10. slogovi prema redosljedu – segmentacija slogova i fonološka svjesnost,
11. segmentacija rečenice - prepoznavanje riječi,
12. izbacivanje slova - fonološka svjesnost,
13. memoriranje slijeda slova – vizualno pamćenje i radno pamćenje,
14. diktiranje riječi - pisanje riječi,
15. diktiranje ne-riječi - pisanje ne riječi i fonološko pamćenje.

Izvučene su sljedeće mjere: broj točnih odgovora, klikovi po stadiju, pogreške, suma točnih odgovora, točnost, stopa pogreške. Na testu je strojno učenje u 83% slučajeva točno procijenilo ima li osoba ili nema disleksiju.

Aplikacija DytectiveU ima 35 000 vježbi koje su ručno izradili lingvisti, psiholozi i informatičari koristeći dva jezična izvora: jezični obrazac izvađen iz korpusa pogrešaka osoba s disleksijom pomoću lingvističkog rudarenja podataka; jezični resursi generirani tehnikama prirodnog jezika (Rello i sur., 2017). Nudi edukativne igre, uzimajući u obzir sljedeće varijable: perceptivne procese, jezične vještine, radnu memoriju i izvršne funkcije (Asociación Dislexia Málaga, n.d.). DytectiveU je igrica kojom se treniraju kognitivne vještine povezane s disleksijom. Da bi se zadaci personalizirali, igrica uzima u obzir 25 indikatora grupiranih u mjere izvedbe, jezične vještine, radnu memoriju, izvršne funkcije i perceptivne procese. Glavni doprinos ovakvog pristupa u terapiji disleksije jest holistički pristup načina prepoznavanja i bavljenja teškoćama čitanja i pisanja kao i drugih kognitivnih sposobnosti koje imaju veze s disleksijom i/ili doprinose stvaranju mehanizama nošenja s disleksijom. Sve su zadatke manualno sastavili



stručnjaci korištenjem 2 izvora: lingvističkog obrasca pogrešaka koje najčešće čini ova populacija te jezični resursi generirani korištenjem tehnika prirodnog jezika. Riječ je o zadacima poput izbaci uljeza, klikni element u rečenici, ukloni slovo. Set zadataka je ovisio o djetetovoj dobi i izvedbi (broj klikova, točni odgovori, brzina, točnost i efikasnost). Sustav je dao povratnu informaciju o položaju pojedinca u usporedbi s ostalom djecom te evolucija/razvoj/napredak djeteta kroz vrijeme glede određene kognitivne vještine. Provelo se eksplanatorno-deskriptivno istraživanje, uporabom kvantitativnih i kvalitativnih metoda za istraživanje procesa opismenjavanja posredovanog računalnim tehnologijama (Aviles i Milanés, 2021). Sudionici su bili 40 učenika sedmog razreda škole u Ekvadoru. Osmišljen je upitnik s 20 pitanja koji su se referirali na korištenje aplikacije te na opismenjavanje. Rezultati su pokazali da više od 80% sudionika smatra da DytectiveU pruža dugoročni način učenja čitanja te da povećava poboljšanje čitanje i da izaziva interes za korištenje kod učenika. Također više od 80% smatra da ima potencijal pružiti kreativne i kognitivne aktivnosti za osobe s disleksijom te da je riječ o alatu koji nudi raznolike aktivnosti za učenje čitanja i pisanja kroz najoptimalniji mogući način korištenja pismenosti tijekom procesa podučavanja-učenja i autonomnog korištenja. Potvrđeno je da aplikacija pomaže u razvoju vještina, odnosa i smisla za humor zahvaljujući motivirajućem i afektivnom, zabavnom liku. Što se pitanja o pismenosti tiče, većina ih smatra da pismenost igra ulogu u izgradnji znanja, te neki izjavljuju da opismenjavanje kao proces razvoja omogućuje individui da upravlja i strukturira svoje misli. Autori u zaključku navode kako ova aplikacija ima veliki potencijal za razvoj procesa učenja čitanja i pisanja kod djece sa disleksijom, ali da i dalje postoji potreba za dubljim istraživanjima.

### 3.3. Primjena UI i AT kod oštećenja vida

U istraživanju Boucka i sur. (2011) o korištenju govornog kalkulatora kod učenika srednje škole s oštećenjem vida, sudjelovala su tri sudionika od kojih je dvoje matematičke zadatke rješavalo uz pomoć druge osobe (osoba bi im čitala i utipkavala u kalkulator), dok je jedan bio samostalan zbog većeg rezidualnog vida (nosio je naočale, prinosio bi kalkulator vrlo blizu lica). Ovo istraživanje se bavilo korištenjem VISO kalkulatora (Voice Input Speech Output) kod učenika s OV radi pomoći u rješavanju matematičkih zadataka. Vrijeme potrebno za rješavanje zadatka i broj pokušaja unošenja podataka u kalkulator su predstavljali dvije zavisne varijable. Nezavisna varijabla bila je korištenje VISO kalkulatora za rješavanje matematičkih zadataka. Samom

kalkulatoru se pristupa korištenjem računalnog miša, govornom jedinicom te naredbama na tipkovnici. Ipak, svi su sudionici koristili samo govornu jedinicu kao input. Kalkulator se oslanjao na MathSpeak, jezik koji se odnosi na formalni, standardizirani skup jezičnih pravila za uređaje za glasovni unos za rješavanje matematičkih funkcija. Osim toga, korišten je Microsoftov program prepoznavanja govora. Što se tehnološke opreme tiče, VISO kalkulator je sadržavao računalo, program kalkulatora te slušalice s mikrofonom. Sustav je imao mogućnost mijenjanja boje pozadine i samog teksta, glasa i tempa govora. Kada bi se unio sadržaj i naredba, VISO kalkulator bi govorno ponovio zadatak i pružio rezultat. Ukoliko sustav nije razumio naredbu ili sadržaj, sudionika bi upozorio izrazom “invalid expression”. Važno je napomenuti kako su se radile usporedbe s tradicionalnim, uobičajenim načinom rješavanja ovakvih zadataka kod istih učenika. Rezultati su pokazali da je ipak bilo potrebno više vremena i više pokušaja unošenja podataka u VISO kalkulator za rješavanje matematičkih zadataka nego tradicionalnom metodom. Ipak, pokazalo se da su se to vrijeme i ti pokušaji smanjivali s iskustvom i uvježbavanjem te sa sve više prethodno riješenih zadataka. Uočena je puno veća razina samostalnosti u rješavanju matematičkih zadataka korištenjem VISO metode u odnosu na onu tradicionalnu. Kao ograničenje, autori navode da je sustav programiran da percipira mirne glasove uobičajene jačine, što predstavlja problem u situacijama frustracije ili prehlade korisnika. Sudionici su sustav percipirali jako pozitivno i s entuzijazmom, navodeći kako im je olakotna okolnost bila činjenica da je sve bilo na računalu (i zadatak i kalkulator), da im nije bila potrebna asistencija drugih te da su se osjećali samopouzdanijima. Ovo istraživanje pruža rješenje za učenike koji se ne oslanjaju na Brailleovo pismo u svom obrazovanju koliko na tehnologiju. Osim učenicima s oštećenjem vida, ovaj sustav može biti pogodan i za učenike s motoričkim teškoćama te učenike sa specifičnim teškoćama učenja koji nailaze na teškoće pri korištenju tradicionalnih kalkulatora. Uputa autora za daljnje istraživanje je veći broj sudionika i dulje vrijeme provođenja istraživanja radi boljeg uvida u implementaciju kroz dulji period korištenja.

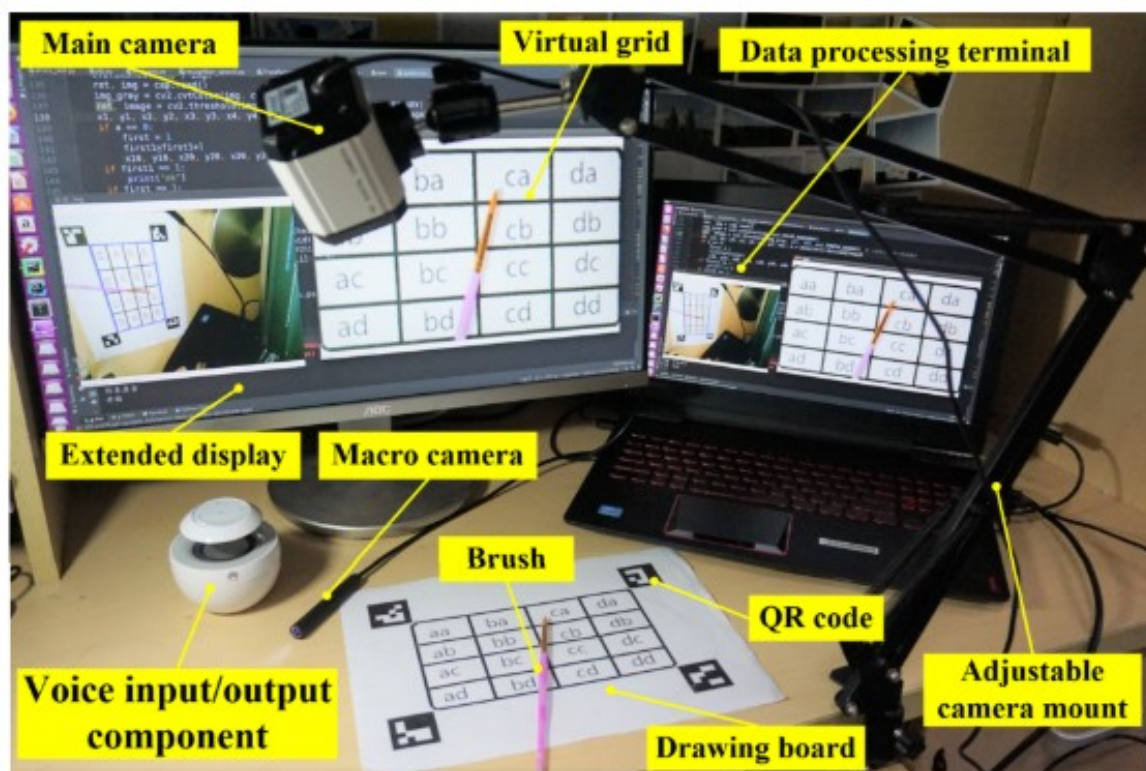
Chinchole i Patel (2017) su prikazali drugačiji način primjene umjetne inteligencije u asistivnoj tehnologiji kod osoba oštećenog vida. Njihov rad predstavlja sustav palice/štapa koji koristi umjetnu inteligenciju zajedno s raznim sensorima u stvarnom vremenu za pomoć slijepima i slabovidnima pri kretanju i samostalnom snalaženju u okolini. Sastoji se od PVC palice duge 30-ak cm i smartphone mobilnog uređaja. Na palici se nalaze Arduino Nano mikroupravljač, dva

ultrazvučna senzora, brzinomjer i Bluetooth modul. Što se smartphone uređaja tiče, bio je potreban Android na kojemu je instalirana posebna aplikacija za potrebe korištenja ovoga sustava. Korisnik pri hodanju mora u jednoj ruci držati mobilni uređaj, a u drugoj ruci štap. Tada aplikacija na mobitelu i senzori na štapu počinju s kontinuiranom analizom okoline kojom se osoba kreće. U svrhu percipiranja, korisnik bilježi okolinu fotografijama koristeći mobitel. One su onda analizirane pomoću umjetne inteligencije te sustav stvara informacije o okolini. Potom ih putem zvučnika mobilnog uređaja prenosi korisniku. Ultrazvučni senzor montiran na prednjoj strani štapa detektira mjesto prepreka koje se pojavljuju ispred korisnika i korisniku se daje zvučna povratna informacija da mijenja svoju rutu kako bi izbjegao sudar. Drugi ultrazvučni senzor montiran na dnu štapa zajedno s brzinomjerom otkriva prisutnost rupa i neravnina na korisnikovoj ruti na što upozoravaju korisnika putem taktilne povratne informacije. Umjetna inteligencija se „nalazi“ na Arduino Nano mikroupravljaču koji skuplja informacije iz senzora, procesira ih i šalje mobilnom uređaju putem Bluetooth veze. Brzinomjer opskrbljuje sustav informacijama o kutu koji štap stvara s podlogom po kojoj korisnik hoda, te šalje informacije o kvaliteti i prohodnosti rute. Smartphone mobilni uređaj, osim što bilježi fotografije i daje pristup zvučniku i Bluetooth-u, opskrbljuje sustav internetom i pruža haptičke i taktilne informacije korisniku kad je potrebno. U zaključku rada se navodi kako ima puno prostora za daljnji razvoj i napredak ovoga sustava, kako je on samo prijedlog u kojemu smjeru bi se moglo ići daljnjim radom i istraživanjem i da treba težiti stvaranju sustava koji ne zahtjeva korištenje obje ruku.

Punith i sur. (2021) su osmislili sustav s ciljem prevencije nezgoda pri kretanju kod osoba oštećenog vida, kao i facilitacije čitanja teksta za tu populaciju. Riječ je o sustavu koji se koristi Raspberry pi 3 kao upravljačem, zatim kamerom, zvučnikom, slušalicama i ultrazvučnim senzorom. Malena kamera se nalazi na naočalama korisnika koja fotografira vidno polje i detektira prepreke, odnosno bilježi tekst koji se nalazi pred korisnikom, zatim šalje podatke upravljaču. Fotografije se obrađuju, tekst se prepoznaje te se šalje informacija slušalicama u uhu korisnika koji dobiva govornu informaciju. Na taj način mu sustav “pročita” tekst. U situaciji kretanja, osim kamere na naočalama, ultrazvučni senzor detektira udaljenost i šalje informacije upravljaču koji ih obrađuje, i potom šalje dalje slušalicama. Korisnik sluša informacije o preprekama u okolini bez potrebe da se istima približava. U zaključku autori navode da će ovakva aplikacija pametnog čitača pomoći osobi s oštećenjem vida da bude na sigurnoj

udaljenosti od objekata u okolini pomoću ultrazvučnog senzora i da na jednostavan način pregledava teksta snimljenog u obliku slike uz pomoć kamere.

S namjerom da omoguće slikanje onima koji se žele i vole umjetnički izražavati, no isto ne mogu radi oštećenja vida, Liu i sur. (2019) su osmislili asistivnu tehnologiju pod nazivom Angel Eyes. Pritom su se služili tehnologijom pozicioniranja pomoću QR koda i algoritmom analize slikovnog prikaza kako bi postigli uspješno pozicioniranje i identifikaciju materijala. Služili su se makro kamerom zahvaljujući kojoj je sustav precizno prepoznavao boje, neovisno o vanjskim uvjetima osvjetljenja. Dizajniran je model interakcije čovjek-računalo koji se bazirao na tehnologiji procesuiranja prirodnog jezika, čime se omogućila interakcija čovjeka i tehnologije u stvarnom vremenu.



Slika 4. Dijelovi sustava Angel Eyes

Na slici 4 su prikazani pojedini dijelovi sustava: crtajući pano, komponenta glasovnog input-a/output-a, glavne kamere, makro kamere, prošireni prikaz, QR kodovi, terminal za obradu podataka, stalak za kameru, kist i virtualna mreža. Funkcija sustava se odvija kroz 4 modula:

1. Pozicioniranje crtaćeg panoa zahvaljujući QR kodovima: radi postizanja preciznog pozicioniranja koji je preduvjet stvaranju željene slike, 4 QR koda je smješteno na 4 ugla panoa. Tehnologija pronalazi kodove i usmjerava korisnika oštećenog vida u izvršavanju aktivnosti.
2. Pozicioniranje vrha kista u datom vremenu: kombiniranjem modela dinamičkog prepoznavanja vrha kista i modela kombiniranja virtualnih mreža se sustavu daje sposobnost točnog lociranja položaja vrška kista u stvarnom vremenu. Taj identificirani položaj se može slati korisniku kao feedback preko modula interakcije čovjek-računalo.
3. Modul interakcija čovjek-računalo: ova funkcija je omogućena zahvaljujući dvjema tehnikama koje se oslanjaju na umjetnu inteligenciju – tehnologija semantičkog prepoznavanja i tehnologija sinteze govora. Na taj način računalo “razumije” korisnika i vraća povratnu, govornu informaciju.
4. Modul prepoznavanja boje: u terminalu za obradu podataka su integrirani algoritmi za analizu slikovnog prikaza. Primarni cilj sustava je izvršiti aktivnosti slikanja, stoga je prepoznavanje boje od velike važnosti. Stabilnost i učinkovitost algoritama za prepoznavanje boje uvelike ovise o vanjskim faktorima, čemu su autori doskočili upotrebom makro kamere koja reducira njihov utjecaj.

Eksperimentalni rezultati pokazuju da sudionici podvrgnuti jednostavnoj obuci mogu dovršiti zadatak slikanja pod navigacijom sustava kojeg smo razvili. Stoga je općenito ovaj sustav jednostavan za korištenje i praktičan. Nakon jednostavne obuke, osobe oštećena vida mogu samostalno slikati i stvarati umjetnička djela, bez potrebe za asistencijom druge osobe.

### 3.4. Primjena UI i AT kod dijabetesa

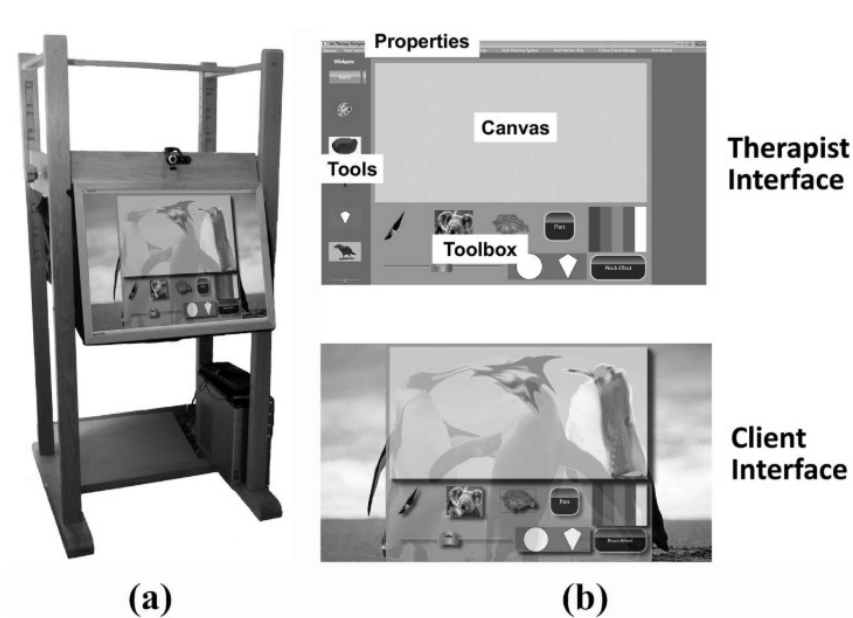
U istraživanju Belpaeme i sur. (2013) koristi se humanoid Nao u rehabilitacijskom radu s djecom s dijabetesom, koja su hospitalizirana. Aktivnosti koje su se provodile s robotom su sljedeće: kviz u kojem on prikupljaju neke osnovne info o karakteristikama djeteta, matematički zadatak kojim se potiče verbalna interakcija, zadatak imitacije, kolaborativni zadatak odabira izbornika (SandTray) kojim djeca istražuju specifične prehrambene zahtjeve zbog svog zdravstvenog stanja i plesni zadatak. U svakom od tih zadataka cilj nije samo izvršavanje zadatka, već angažman u socijalnim interakcijama. SandTray proviđa aktivnost suradnje preko

velikog zaslona koji je interakcijski medij između robota i djeteta. Robot i dijete mogu ravnopravno sudjelovati u izvršenju zadatka manipulirajući objektima na zaslonu, što spontano pruža šansu za proučavanjem šireg raspona interakcije. Zadatci imitacije i plesa su većeg fizičkog angažmana i njima se provjerava koliko je dijete spremno upustiti se u aktivnost koja je vođena isključivo od strane robota. Autori su implementirali varijacije u verbalizaciji kako bi izbjegli pojavu monotonije i dosade u interakciji s robotom – robot pruža odgovore koji su u skladu sa kontekstualnim/situacijskim parametrima ili karakteristikama konteksta; ili su pak odabrani nasumično. Autori navode da je u radu s djecom evidentno da takva interakcija pobuđuje veći interes i angažman kod djece. Istraživanje je pokazalo da djeca pokazuju veće znanje o šećernoj bolesti poslije interakcije s robotom nego prije, što govori o dječjoj znatiželji i interesu za komunikacijom s robotima. Sudionici su se socijalno povezali s robotom, većinom navodeći da ga doživljavaju kao „prijatelja“ ili „kolegu iz razreda“ pri ponuđenim odgovorima. Autori navode da se djeca uvelike služe maštom u susretima s robotima što nosi neizmjernu vrijednost za područje istraživanja tehnologije i sustava koji podupru/potiču razvoj socijalnih vještina. Cilj ovog projekta je razviti sustav podrške koji uključuje robote koji mogu komunicirati s hospitaliziranom djecom, djelujući kao „prijatelji“ i „mentori“ kako bi poboljšali dječje iskustvo boravka u bolnici i potakli učenje o upravljanju svojim zdravstvenim stanjem.

Slika 5. Izgled ePAD sustava (a) i prikaz zaslona terapeuta i korisnika (b)

### 3.5. Primjena UI i AT kod demencija

Osobe koje boluju od demencije imaju smanjenu želju za uključivanje u aktivnosti kao i reduciranu sposobnost da se sami uključe u zadatak (Lubinski, 1991). Računalna tehnologija ima potencijal pomoći u nadilaženju tih ograničenja pružanjem interaktivne strukture koja potiče sudjelovanje u umjetničkim aktivnostima te prati razinu angažmana pojedinca (Carrillo i sur., 2009). Leuty i sur. (2013) su razvili kompjuterizirani “art” uređaj ePAD (Engaging Platform for Art Development) sa svrhom uključivanja osoba koje boluju od demencije u aktivnostima kreativnog i umjetničkog izražavanja na način da im pruži odgovarajuću strukturu i značajke za uključivanje te smanjuje barijere korištenja tehnologije u ovakvom kontekstu. Riječ je o sustavu koji se godinama nadograđivao i usavršavao. ePAD koristi umjetnu inteligenciju za nadgledanje razine angažmana korisnika kako bi ePAD mogao poticati osobu na umjetničku aktivnost ukoliko ona bude snižena (Blunsden i sur., 2009; Mihailidis i sur., 2010). Ovo je postignuto



praćenjem učestalosti ostvarivanja kontakta dodirom sa zaslonom i gleda li korisnik u zaslon ili ne. Terapeut na svome zaslonu ePAD-a kreira prikaz (odabir i raspored ikona i opcija načina slikanja, pozadinu i sl.) na samome ekranu kojim će se služiti korisnik. Korisnik na svome zaslon pri korištenju

vidi samo platno i alate čije značajke ne može mijenjati. Svojim prstom ili kistom bira alat i stvara sliku. Slika 5. prikazuje izgled ePAD sustava (a) i prikaz zaslona terapeuta i korisnika (b).

Način na koji ePAD potiče angažman korisnika ukoliko se ispostavi da isti izostaje je, primjerice, pojavljivanje animacijskih alata, dodavanje oblika i slika na platno radi poticanja interesa. Također se koriste i audiozapisi koji su individualizirani i prilagođeni svakom korisniku. Provedeno je istraživanje s ciljem utvrđivanja mišljenja terapeuta i korisnika o ePAD-

u i mogućem prostoru za poboljšanje. Na početku je sudjelovalo 6 terapeuta i 6 korisnika starije dobi koji boluju od demencije. Istraživanje se provodilo na način da se pružila prilika za terapijski rad korištenjem ePAD-a u 5 termina koji su trajali do sat vremena. Terapeuti imali priliku unaprijed moderirati alate i kreirati korisnikov prikaz na platnu. Tijekom seanse se nastojalo poticati korisnika da što samostalnije stvara djelo na platnu. Tijekom svakog ispitivanja, ePAD je automatski određivao angažman korisnika svakih 10 sekundi dok su autori istraživanja provodili opservaciju. Na kraju svake seanse, terapeuti i korisnici su ispunili upitnik koji se odnosio na njihovu percepciju sustava ePAD-a. ePAD je snimao sve seanse, što je olakšavalo terapeutu podešavanje značajki zaslona za iduću seansu, ovisno o tijeku rada i uspješnosti korisnika. Analizom odgovora na anketna pitanja su se ustvrdili nedostaci ePAD-a poput nesigurnost i nelagoda terapeuta pri korištenju, teška izvedivost primjene u grupnoj terapiji, nedovoljno privlačenje pažnje i poticanje angažmana korisnika, dok su neke prednosti bile jednostavnost i intuitivnost korištenja, visoka motiviranost korisnika, njihovo uzbuđenje zbog noviteta ulaskom ePAD sustava u terapijski rad, poticanje na umjetničko izražavanje. Autori u zaključku ističu važnost rezultata ovog istraživanja koji usmjeravaju daljnje poboljšanje i određuju smjer napretka sustava ePAD-a.

Postoje i druga „pametna“ pomagala za osobe koje boluju od demencije, primjerice, Memory Glasses, (DeVaul, 2004), pametne naočale koje svoje značajke mogu prilagoditi individualnim potrebama korisnika, njegovim preferencijama, kognitivnim i senzornim ograničenjima. Riječ je o sustavu koji pruža podršku u obliku vizualnih tragova na vidnome polju u realnom vremenu (primjerice, pomaže kod dosjećanja nečijeg imena, prevenira distrakciju i sl.). PEAT (Planning and Execution Assistant enatrainner) je softver za automatsko planiranje prilagodljiv individualnoj percepciji korisnika i njegovim kognitivnim deficitima (Levinson, 1997). Sustav djeluje kao osobni digitalni asistent i putem mobilnog uređaja pruža uslugu personaliziranog vođenja korisnika kroz postupke služeći se vizualnim i auditivnim reprodukcijama. Zatim postoji IMP (Intelligent Mobility Platform), ručno računalo sa sučeljem sa zaslonom osjetljivim na dodir i navigacijski softver za orijentaciju osobe pomoću laserskih zraka (Morris i sur., 2003). Korisnika usmjerava u pravilnom smjeru pomoću crvene strelice. Opportunity Knocks je uređaj ugrađen u mobilni telefon koji koristi GPS čip i Bluetooth koji uči standardne rute korisnika u zajednici i upozorava ga na pogreške u kretanju stvaranjem zvuka kucanja čime preusmjerava izgublenu osobu (Liao i sur., 2007). Za korištenje ovog uređaja je potreban trening pri čemu bi softver



memorirao uobičajene rute pojedinca. Medical Mood Ring je primjer tehnologije u obliku prstena koja upozorava obitelj i njegovatelje o aberacijama u zdravstvenom stanju korisnika (MIT Technology Review, 2004). Mjeri puls, krvni tlak, zasićenost kisika i glukoze u krvi itd. te šalje informacije upozorenja ukoliko dođe do odstupanja. Postoji sustav COACH, prototip sustava za vođenje osoba s umjerenom do teškom demencijom kroz zadatak pranja ruku, za koji se pokazalo da je stresan za obitelj i njegovatelje (Boger i sur., 2008). Korištenjem video kamere, narukvice za praćenje ruke i algoritama za strojno učenje, COACH prati tijek aktivnosti pranja ruku, određuje kontekstne informacije i daje unaprijed snimljene verbalne upute ako/kada otkrije problem u izvršenju zadatka. U provedenom istraživanju se pokazalo da COACH povećava samostalno uspješno izvršenje zadatka za 25%.

#### 4. ETIČKA PITANJA UPOTREBE ASISTIVNE TEHNOLOGIJE POTPOMOGNUTE UMJETNOM INTELIGENCIJOM

Jasne su prednosti i benefiti/razlozi korištenja asistivne tehnologije koja potpomognuta umjetnom inteligencijom. Međutim, valja se osvrnuti na vrlo važno područje koje obuhvaća korištenje ovakve tehnologije, posebice kada govorimo o ranjivim skupinama kao što su djeca s teškoćama i osobe s invaliditetom, a tiče se same etike korištenja. Za kompanije koje proizvode ovakvu vrstu asistivne tehnologije populacija školske djece predstavlja veliku i obnovljivu bazu klijenata redovitim upisom nove djece u sustav školskog obrazovanja (Regan i Jesse, 2019). Međutim, riječ je i o izuzetno ranjivoj populaciji, maloljetnicima, djeci koja su u osjetljivim godinama svoga razvoja čiji smo interes dužni štiti. Upravo iz tog razloga je od značajne važnosti osvrnuti se i na ovaj aspekt uporabe “pametne” asistivne tehnologije – područje etičkih izazova, pitanja zaštite identiteta korisnika te pitanje stvarne koristi za učenika od korištenja asistivne tehnologije koja podrazumijeva uporabu umjetne inteligencije.

Prema Regan i Jesse (2019) postoji 6 područja koja mogu biti ugrožena prilikom korištenja pametne asistivne tehnologije u obrazovanju: privatnost informacija, anonimnost, nadziranje/nadgledanje, autonomija, ne-diskriminacija te vlasništvo nad informacijama.

Autori postavljaju pitanje treba li se prikupljanje informacija odvijati sa saznanjem korisnika i može li količina prikupljenih informacija biti minimalna, a da i dalje odgovara stvarnim potrebama sustava koji ih prikuplja radi obavljanja svoje svrhe (Regan i Jesse, 2019). To pitanje je generalno “riješeno” od strane načela poštene prakse informiranja (FIPP – fair information practice principles), koji predstavljaju temelj mnogih zakona o privatnosti i zaštiti podataka u svijetu (Flaherty, 1989; Bennett, 1992). Međutim, postoji gotovo univerzalno slaganje među stručnjacima za privatnost da taj pristup nije učinkovit u okruženju velike količine podataka (“big data environment”) (Barocas i Nissenbaum, 2014). Takvo okruženje podrazumijeva učestalo prikupljanje raznih podataka o korisniku i njegovom okruženju (često bez njegova znanja), pri čemu korist od informacija ima više stranaka (Regan i Jesse, 2019). U kontekstu personaliziranog učenja, prikupljaju se demografski podaci o korisniku kao i o njegovom ponašanju, postignućima, mogućnostima, sposobnostima te razni podaci koje govore o njegovu procesu učenja. Tada privolu o korištenju informacija ne daju roditelji, nego uprava škole koja vodi evidenciju o učenicima (Regan i Jesse, 2019).

Kada učenici koriste asistivnu tehnologiju koja se oslanja na UI, podaci koje oni generiraju na uređaju se šalju kompanijama koje prikupljaju i skladište te podatke, koje potom trajno čuvaju i vežu za tog specifičnog pojedinca kojeg se može identificirati (Amirault, 2019). Na taj način je anonimnost korisnika ugrožena. Deidentifikacija podataka je manje održiva što je količina audio i videozapisa grupe bogatija, kao i podaci o socio-emocionalnim vještinama. Uzevši u obzir uporabu algoritmičkog pretraživanja, potrebno je vrlo malo istraživanja da bi se utvrdio identitet korisnika (Regan i Jesse, 2019).

Sustavi koji prikupljaju velike količine informacija imaju tendenciju sve većeg gomilanja istih u svrhu predviđanja budućih događaja. U kontekstu obrazovanja, može se reći kako inteligentni software-i to čine u svrhu povećanja djelotvornosti i učinkovitosti poduke i izvedbe. Postavlja se pitanje tko nadzire tu količinu informacija o samome korisniku (Regan i Jesse, 2019).

Autonomija je također narušena. Ne može se sa sigurnošću reći kako korisnik upravlja svojim učenjem niti da ide u smjeru njemu željenih ishoda, kada je slučaj takav da sustav, temeljem prikupljenih informacija, predviđa u kojem smjeru upraviti proces učenja (Sunstein, 2015). Iako je osmišljena kao sugestivna, asistivna tehnologija postaje usmjeravajuća time što utječe na korisnika na način da ga ne poziva na dovoljan angažman i maksimalno korištenje svojih snaga

kako bi donio promišljeni izbor. Može se reći da sustav sam procjenjuje koliko je učenik sposoban i ne izlaže ga zadacima koji su “van njegova dosega” (Regan i Jesse, 2019).

Problem autonomije se nastavlja na ugroženost ne-diskriminacije. Tehnologije temeljene na umjetnoj inteligenciji možda mogu ukloniti predrasude nastavnika u pogledu ocjenjivanja rada učenika, ali još uvijek postoji mogućnost postojanja pristranosti i da ih razvojni programeri tehnologije nesvjesno ugrade (Regan i Jesse, 2019). U svrhu pružanja optimalnog i odgovarajućeg oblika personaliziranog učenja, matematički algoritam mora kategorizirati korisnike na osnovi nekih značajki, postavljajući neke pretpostavke o korisniku (Tene i Polonetsky, 2013), što u konačnici može dovesti do toga da se ne pružaju iste mogućnosti niti isti uvjeti obrazovanja; do diskriminacije koje pojedinac nije niti svjestan te “samoispunjavajućih proročanstava”(Lerman, 2013; Citron i Pasquale, 2014).

Pristankom uvjeta korištenja, korisnik predaje vlasništvo nad informacijama kompaniji koja pruža uslugu korištenja dotičnog sustava ili ga proizvodi i prodaje. Tada ona upravlja informacijama bez daljnje konzultacije s korisnikom, može ih dalje dijeliti drugim strankama ili se njima služiti u vlastite svrhe za koje nisu dužne kasnije pružiti objašnjenje (Regan i Jesse, 2019).

Bulger (2016) ističe još jedan rizik povezan s upotrebom asistivne tehnologije koje se oslanjaju na umjetnu inteligenciju - dostupnost mnoštva podataka za praćenje učenika i njihovog napretka. Ono bi moglo dovesti do isključive usredotočenosti na brojke uspješnosti i smanjenja ukupnog angažmana učenika ili dovesti u pitanje izvedbu i učinkovitost nastavnika. Ovaj ishod ne bi bio u najboljem interesu učenika niti nastavnika, zbog čega bi praćenje informacija putem asistivne tehnologije temeljene na umjetnoj inteligenciji moglo biti štetno za postignuća učenika (Bulger, 2016).

Imajući sve navedene rizike u vidu, Amirault (2019) predlaže sljedeća pitanja kojima bi se nastavnicima trebali voditi u kontekstu razmatranja mogućnosti korištenja ovakve tehnologije u obrazovne svrhe:

1. Donosi li korištenje tehnologije u obrazovne svrhe sa sobom nekakve privilegije ili ograničenja?
2. Jesu li korisnici ovakvih uređaja u školama nadgledani prilikom korištenja i je li njihova privatnost u tom slučaju zaštićena?

3. Može li se tehnologija koristiti u obrazovnom okruženju ako korisnik mora prihvatiti Ugovor o licenciranju krajnjeg korisnika (End User Licesing Agreement) kojim se daje privola na prikupljanje podataka, vlasništvom nad njima i njihovo daljnje upravljanje od strane tvrtke koja pruža uslugu te iste tehnologije?
4. Koja je svrha prikupljanja podataka prilikom korištenja tehnologije – koji je temeljni motiv?
5. Mogu li se osobne informacije pojedinca, koje ne bi trebale biti dostupne, otkriti?
6. Jesu li prikupljeni podaci pohranjeni na sigurnome mjestu i može li korisnik biti siguran da su njegovi podaci zaista sigurni?
7. Ukoliko je tehnologija prodana drugoj tvrtki, spadaju li u tu transakciju u korisnički podaci? Mogu li korisnici ukloniti jednom pohranjene osobne podatke?
8. Pruža li se prilika online korisnicima da budu svojevolumno isključeni iz procesa prikupljanja i/ili pohranjivanja podataka?

Kerr (2020) se osvrće na pitanje razumijevanja uvjeta korištenja i posljedica. Navodi kako bi se učitelji trebali pobrinuti da učenici razumiju moguće posljedice korištenja asistivne tehnologije glede privatnosti i korištenja njihovih podataka. Upućuje nastavnike da jasnim i razumljivim jezikom objašnjavaju potencijalne koristi i rizike bi se osigurao valjan pristanak. Pritom valja biti oprezan da objašnjenje nije pristrano, odnosno da ga se ne potiče na donošenje odluke u jednom ili drugom smjeru (Beardsley i sur., 2019; Miller i Wertherimer, 2011). Ukoliko je učeniku manje od 13 godina, potreban je pristanak roditelja/skrbnika (Kerr, 2020).

## 5. ZAKLJUČAK

Asistivna tehnologija predstavlja važnu podršku i oslonac osobama s invaliditetom u svakodnevnom funkcioniranju. Bilo da je riječ djeci s teškoćama ili osobama s invaliditetom, upotreba pametne tehnologije stvara veći potencijal asistencije, pruža mogućnost samostalnosti, neovisnosti i autonomije kao nikad prije. Istraživanja na području poremećaja spektra autizma pokazuju tendenciju istraživača za korištenje robota u terapijama s ciljem poticanja veće motivacije za učenjem. Također je istaknuto učenje pomoću virtualnih likova, nosive tehnologije te raznih aplikacija. Korisnost umjetne tehnologije je vidljiva i u dijagnostici ne samo autizma,

već i ADHD-a i disleksije. Kod osoba ADHD-om i disleksijom postoji mogućnost probira, asistencije u svakodnevnici, poboljšanja selektivne pažnje, kontrole, radne memorije, analize i sinteze riječi te prevencije pogrešaka implementacijom umjetne inteligencije u sustav asistivne tehnologije. U području rada s osobama s oštećenjem vida, umjetna inteligencija je u dosadašnjim radovima našla svoje mjesto u obliku govornih kalkulatora, pametnih štapova za kretanje te sustava koji facilitira slikovno izražavanje pojedinca. Izdvojen je jedan rad s hospitaliziranom djecom koja boluju od dijabetesa gdje je prikazana dobrobit uporabe pametnih robota u razvoju sustava podrške i poboljšanju iskustva boravka u bolnici kao i učenju o vlastitoj bolesti i ograničenjima koja s njom dolaze. Za osobe koje boluju od demencije su prikazani primjeri upotrebe pametne tehnologije u svrhu podrške u kreativnom izražavanju, pružanja podsjetnika, personaliziranog vođenja, praćenja zdravstvenog stanja te orijentacije. Na kraju ovog diplomskog rada je poglavlje o etičkim pitanjima korištenja tehnologije koja se oslanja na umjetnu inteligenciju, gdje su prikazani problemi koji se tiču privatnosti, anonimnosti te vlasništva nad informacijama. Nije dato rješenje na iznesene probleme jer ono kao takvo zasad ne postoji, no temeljem literature su navedene smjernice u obliku pitanja kojima se mogu roditelji i terapeuti voditi prije upoznavanja djeteta/osobe s pametnom tehnologijom u svrhu određivanja većeg prioriteta za pojedinca - korištenje mogućih benefita najnovije tehnologije ili očuvanje vlastite privatnosti.

## 6. LITERATURA

1. Abirached, B.; Zhang, Y.; Aggarwal, J.K.; Tamersoy, B.; Fernandes, T.; Carlos, J. Improving communication skills of children with ASDs through interaction with virtual characters. (2011). U *2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. 16–18, str. 1–4
2. Agnitus. Preuzeto 30. travnja 2024., s <http://www.agnitus.com/>
3. Alemi, M. (2016). Exploring Social Robots as a tool for Special Education to teach English to Iranian Kids with Autism. *International Journal of Robotics, Theory and Applications*. 4(4), 32–43
4. Amirault, R.J. (2019). The next great educational technology debate: Personal data, its ownership, and privacy. *The Quarterly Review of Distance Education*, 20(2), 55–70.

5. App Store. *Montessorium: Intro to Letters*. Preuzeto 01. lipnja 2024. s [https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=Awrhds1GO2dmqNwFGwBXNyoA;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1719251014/RO=10/RU=https%3a%2f%2fapps.apple.com%2fus%2fapp%2fmontessorium-intro-to-letters%2fid387232375/RK=2/RS=Lpd.6xULrUWrEGLR09tGmwM\\_Y7Y-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awrhds1GO2dmqNwFGwBXNyoA;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1719251014/RO=10/RU=https%3a%2f%2fapps.apple.com%2fus%2fapp%2fmontessorium-intro-to-letters%2fid387232375/RK=2/RS=Lpd.6xULrUWrEGLR09tGmwM_Y7Y-)
6. App Store. *Visual Schedule Planner*. Preuzeto 01. lipnja 2024. s [https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrEryJ3O2dmAPMIJddXNyoA;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1719251064/RO=10/RU=https%3a%2f%2fapps.apple.com%2fus%2fapp%2fvisual-schedule-planner%2fid488646282/RK=2/RS=ohZ6qF.Kh4Ve7cukj0DO\\_\\_jZhFY-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrEryJ3O2dmAPMIJddXNyoA;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1719251064/RO=10/RU=https%3a%2f%2fapps.apple.com%2fus%2fapp%2fvisual-schedule-planner%2fid488646282/RK=2/RS=ohZ6qF.Kh4Ve7cukj0DO__jZhFY-)
7. App Store. *Wait Timer Visual Timer Tool*. Preuzeto 01. lipnja 2024. s <https://apps.apple.com/us/app/wait-timer-visual-timer-tool/id552189725>
8. Arshad, N. I., Hashim, A. S., Ariffin, M. M., Aszemi, N. M., Low, H. M., Norman, A. A. (2020). Robots as Assistive Technology Tools to Enhance Cognitive Abilities and Foster Valuable Learning Experiences among Young Children With Autism Spectrum Disorder. *IEEE*, 8, 116279–116291.
9. Asociación Dislexia Málaga. ¿Qué es Dyetective de Change Dyslexia? Detecta y mejora tus habilidades jugando –. Preuzeto 17. Svibnja 2024. s <https://dislexiamalaga.com/que-es-dyetective-de-change-dyslexia-detecta-y-mejora-tus-habilidades-jugando/>
10. Athanaselis, T.; Bakamidis, S.; Dologlou, I.; Argyriou, E.N.; Symvonis, A. Making assistive reading tools user friendly: A new platform for Greek dyslexic students empowered by automatic speech recognition. (2014) *Multimedia Tools Appl*, 68, 681–699.
11. AutisMate. Preuzeto 4. veljače 2024. s <https://learningworksforkids.com/apps/autismate/>
12. Aviles, A. i Milanés, R. (2021). DyetectiveU application: contribution to the literacy in children with dyslexia. *Espiraes Revista Multidisciplinaria de investigación científica*, 5(36), 27-35.
13. Balaž, Z. i Meštrović, K. (2014). Učenje i poučavanje iz umjetne inteligencije. *Polytechnic and design*, 2(1), 9-14.
14. Barocas, S. i Nissenbaum, H. (2014). Big data's end run around anonymity and consent. *Privacy, big data, and the public good: Frameworks for engagement* 1, 44-75.

15. Beardsley, M., Santos, P., Hernandez-Leo, D., & Michos, K. (2019). Ethics in educational technology research: Informing participants on data sharing risks. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1019-1034.
16. Belpaeme, T., Baxter, P., Read, R., Wood, R., Cuayáhuitl, H., Kiefer, B., Racioppa, S., Kruijff-Korbayová, I., Athanasopoulos, G., Enescu, V., Rosemarijn Looije, Neerincx, M. A., Yiannis Demiris, Ros-Espinoza, R., Beck, A., Cañamero, L., Hiolle, A., Lewis, M. P., Baroni, I., & Nalin, M. (2013). Multimodal child-robot interaction: building social bonds. *Human-Robot Interaction*, 1(2), 33–53.
17. Bennett, C. J. (1992). *Regulating privacy: Data protection and public policy in Europe and the United States*. Ithaca: Cornell University Press
18. Bharucha, A. J., Anand, V., Forlizzi, J., Dew, M. A., Reynolds, C. F., Stevens, S., & Wactlar, H. (2009). Intelligent Assistive Technology Applications to Dementia Care: Current Capabilities, Limitations, and Future Challenges. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(2), 88–104.
19. Blunsden, S., Richards, B., Boger, J., Mihailidis, A., Bartindale, T., Jackson, D., Olivier, P., Hoey, J. (2009). Design and prototype of a device to engage cognitively disabled older adults in visual artwork. U Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments str. 1-8.
20. Boger J.N., Craig T., Hoey J., Mihailidis A. (2008) The COACH prompting system to assist older adults with dementia through handwashing: An efficacy study. *BMC Geriatrics*. 8(28). 1-18
21. Bosl, W., Tierney, A., Tager-Flusberg, H., & Nelson, C. (2011). EEG complexity as a biomarker for autism spectrum disorder risk. *BMC medicine*, 9, 1-16.
22. Bouck, E.C.; Flanagan, S.; Joshi, G.S.; Sheikh, W.; Schleppenbach, D. Speaking Math. (2011). A Voice Input, Speech Output Calculator for Students with Visual Impairments. *J. Spéc. Educ. Technol*, 26, 1–14
23. Bryant, D. P. i Bryant, B. R. (2003). *Assistive technology for people with disabilities*. Boston. Allyn & Bacon.
24. Business Wire. (2017). *Brain Power Releases First Augmented Reality Smartglasses to Help People with Autism Increase Social, School, and Job Success..* Preuzeto 18. veljače s <https://www.businesswire.com/news/home/2017>

25. Bulger, M. (2016). Personalized learning: The conversations we're not having. *Data and Society*, 22(1), 1-29.
26. Carrillo, M., Dishman, E., Plowman, T. (2009). Everyday technologies for Alzheimer's disease care: Research findings, directions, and challenges. *Alzheimer's & Dementia*, 5(6), 479–488.
27. Chinchole, S., & Patel, S. (2017). Artificial intelligence and sensors based assistive system for the visually impaired people. U 2017 international conference on intelligent sustainable systems (ICISS) str. 16-19. IEEE.
28. Citron, D. K. i Pasquale, F. (2014). The scored society: Due process for automated predictions. *Washington Law Review*, 89, 101–133
29. Colton, M. B., Ricks, D. J., Goodrich, M. A., Dariush, B., Fujimura, K., & Fujiki, M. (2009). Toward therapist-in-the-loop assistive robotics for children with autism and specific language impairment. *Autism*, 24, 25.
30. Community Social Skills; Model Me Going Places™. *Video Modeling for Autism*. Preuzeto 30. Travnja s <https://modelmekids.com/community-social-skills-autism/>
31. Copeland, B. (2023). *artificial intelligence*. Encyclopedia Britannica.
32. Crayon Dana. *Study proves AI robots can boost social skills in children on autism spectrum* (2020). Preuzeto 30. travnja s <https://crayondata.ai/ai-robots-boost-social-skills-children-autism-spectrum/>
33. DeVaul, R. W. (2004). *The memory glasses: wearable computing for just-in-time memory support (Doktorska dizertacija)*, Massachusetts Institute of Technology.
34. Diehl JJ, Schmitt LM, Villano M, Crowell CR. (2012). The clinical use of robots for individuals with autism spectrum disorders: a critical review. *Autism Spectr. Disord.* 6(1), 249–262.
35. Dubreuil-Vall, L., Ruffini, G., Camprodon, J. A. (2020). Deep Learning Convolutional Neural Networks Discriminate Adult ADHD From Healthy Individuals on the Basis of Event-Related Spectral EEG. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 251.
36. Europska komisija (2018a). Communication From The Commission ; Artificial Intelligence for Europe. Preuzeto 04. Prosinca 2023. s <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0237>



37. Europska komisija. (2018b). A definition of Artificial Intelligence: main capabilities and scientific disciplines; Shaping Europe's digital future Preuzeto 04. Prosinca 2023. s <https://digital-strategy.ec.europa.eu/hr/node/2226>
38. Feil-Seifer, D., & Matarić, M. (2008). Robot-assisted therapy for children with autism spectrum disorders. *Interaction design and children*. 49-52.
39. Fetzer, J. H. (1990). What is Artificial Intelligence? In *Artificial Intelligence: Its Scope and Limits*. Springer. 4, 3–27.
40. Field T., Sanders C., Nadel. J. (2001). Children with autism display more social behaviors after repeated imitation sessions. *Autism*, 5,317-323.
41. Fireworks Arcade. *Google Play*. Preuzeto 30. travnja 2024. s <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bigduckgames.fireworksarcade&hl=en>
42. Flaherty, D. (1989). *Protecting privacy in surveillance societies: The Federal Republic of Germany, Sweden, France, Canada, and the United States*. Chapel Hill: University of North Carolina Press
43. de Freitas, M. P., Piai, V. A., Farias, R. H., Fernandes, A. M., de Moraes Rossetto, A. G., Leithardt, V. R. Q. (2022). Artificial intelligence of things applied to assistive technology: A systematic literature review. *Sensors*, 22(21), 8531.
44. ISO 9999-2022. Assistive products - Classification and terminology. Preuzeto 12. svibnja 2024. s <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/72464/3f3608ed0bff4545bd53c02373f8cddb/ISO-9999-2022.pdf>
45. ISO (2016). Klasifikacija asistivne tehnologije. Dostupno 23.11.2023. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9999:ed-5:v1:en>
46. Kerr, K. (2020). *Ethical considerations when using artificial intelligence-based assistive technologies in education. Ethical use of technology in digital learning environments: Graduate student perspectives*. Open Education Alberta
47. Kim, J. C., Azzi, P., Jeon, M., Howard, A. M., & Park, C. H. (2017). Audio-based emotion estimation for interactive robotic therapy for children with autism spectrum disorder. U 2017 14th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), str. 39-44.

48. Kim, E., Paul, R., Shic, F., & Scassellati, B. (2012). Bridging the Research Gap: Making HRI Useful to Individuals with Autism. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(1), 26–54.
49. KinderTown. *Kid in Story Book Maker*. Preuzeto 10. svibnja 2024. s <https://kindertown.com/blog/show-tell-kid-in-story/>
50. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Preuzeto 30. 11. 2023. s <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=27600>
51. Lerman, J. (2013). Big data and its exclusions. *Stanford Law Review Online*, 66, 55–63.
52. Leuty, V., Boger, J., Young, L., Hoey, J., Mihailidis, A. (2013). Engaging Older Adults with Dementia in Creative Occupations Using Artificially Intelligent Assistive Technology. *Assistive Technology*, 25(2), 72–79.
53. Levinson R. (1997) PEAT: the planning and execution assistant and training system. *J Head Trauma Rehabil*; 12:769 –775
54. Liao, L., Patterson, D. J., Fox, D., Kautz, H. (2007). Learning and inferring transportation routines. *Artificial intelligence*, 171(5-6), 311-331.
55. Liu, H., Hu, M., Zhai, G., Huang, H., Zhang, W., Li, Q., Tian, Y., Shi, Y. (2019). Angel girl of visually impaired artists: Painting navigation system for blind or visually impaired painters. U 2019 IEEE Visual Communications and Image Processing (VCIP) str. 1-2. IEEE.
56. Lubinski, R. (1991). *Dementia and communication*. B.C. Decker
57. Merced County. Preuzeto 30. travnja 2024. s <https://merced.networkofcare.org/veterans/assistive/detail.aspx?id=30672&cid=932&cn=Speech%20Training&org=>
58. Merriam-Webster, I. (1983). *Webster's ninth new collegiate dictionary*. Merriam-Webster.
59. Mihailidis, A., Blunsden, S., Boger, J., Richards, B., Zutis, K., Young, L., & Hoey, J. (2010). Towards the development of a technology for art therapy and dementia: Definition of needs and design constraints. *The Arts in Psychotherapy*, 37(4), 293–300
60. Mijatović, S., Ristić, I., Arsić, R. i Stepanović, S. (2021). Assistant technology and motor functioning of children in the school and extracurricular environment. *Knowledge - International Journal* , 48(2), 311–319.

61. Miller, F. G., i Wertheimer, A. (2011). The fair transaction model of informed consent: An alternative to autonomous authorization. *Kennedy Institute of Ethics Journal*, 21(3), 201–218.
62. MIT Technology Review. *Medical Mood Ring*. Preuzeto 01. lipnja 2024. s <https://www.technologyreview.com/2004/04/01/101712/medical-mood-ring/>
63. Morris, A., Donamukkala, R., Kapuria, A., Steinfeld, A., Matthews, J. T., Dunbar-Jacob, J., & Thrun, S. (2003). A robotic walker that provides guidance. U: *2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation* 1, str. 25-30.
64. Ndombo, M.; Ojo, S.; Osunmakinde, I. (2013). An intelligent integrative assistive system for dyslexic learners. *J. Assist. Technol*, 7, 172–187.
65. Oh, S. L., Jahmunah, V., Arunkumar, N., Abdulhay, E. W., Gururajan, R., Adib, N., Ciaccio, E. J., Cheong, K. H., & Acharya, U. R. (2021). A novel automated autism spectrum disorder detection system. *Complex & Intelligent Systems*, 7(5), 2399–2413.
66. Peca A (2016) Robot enhanced therapy for children with autism disorders: measuring ethical acceptability. *IEEE Technol Soc Mag*, 35(2):54
67. Pham, T.-H., Vicnesh, J., Wei, J. K. E., Oh, S. L., Arunkumar, N., Abdulhay, Enas. W., Ciaccio, E. J., & Acharya, U. R. (2020). Autism Spectrum Disorder Diagnostic System Using HOS Bispectrum with EEG Signals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 971.
68. Pierno, A. C., Mari, M., Lusher, D., and Castiello, U. (2008). Robotic movement elicits visuomotor priming in children with autism. *Neuropsychologia*, 46, 448–454.
69. Preference & Reinforcer Assessment - Autism & Special Education. Preuzeto 30. travnja 2024. s [https://download.cnet.com/preference-reinforcer-assessment-autism-special-education/3000-20415\\_4-75492214.html](https://download.cnet.com/preference-reinforcer-assessment-autism-special-education/3000-20415_4-75492214.html)
70. Prister, V. (2019). Umjetna inteligencija. *Media, culture and public relations*, 10 (1), 67-72.
71. Punith, A., Manish, G., Sumanth, M. S., Vinay, A., Karthik, R., & Jyothi, K. (2021). Design and implementation of a smart reader for blind and visually impaired people. *AIP*. 2317, 1.
72. Putica, M. (2018). Umjetna inteligencija: dvojbe suvremenoga razvoja. *Hum*, 13 (20), 198-213.

73. Rakhymbayeva, N.; Seitzkazina, N.; Turabayev, D.; Pak, A.; Sandygulova, A. (2020). A Long-term Study of Robot-Assisted Therapy for Children with Severe Autism and ADHD. U: ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 23–26, str.401–402.
74. Regan, P.M. i Jesse, J. (2019). Ethical challenges of edtech, big data and personalized learning: twenty-first century student sorting and tracking. *Ethics Inf Technol* 21, 167–179.
75. Rello, L., Ballesteros, M., Ali, A., Serra, M., Sánchez, D. A., & Bigham, J. P. (2016). Dydetective: Diagnosing risk of dyslexia with a game. U Proceedings of the 10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare str. 89-96.
76. Rello, L., Macias, A., Herrera, M., de Ros, C., Romero, E., & Bigham, J. P. (2017). DydetectiveU: A game to train the difficulties and the strengths of children with dyslexia. U Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility str. 319-320.
77. Ricks, D. J., & Colton, M. B. (2010). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. U 2010 IEEE international conference on robotics and automation str. 4354-4359. IEEE.
78. Robins, B., Dautenhahn, K., & Dubowski, J. (2006). Does appearance matter in the interaction of children with autism with a humanoid robot?. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 7(3), 479-512.
79. Robins B., Dickerson P., Stribling P., Dautenhahn K. (2004). Robot-Mediated Joint Attention in Children with Autism: A Case Study in Robot-Human Interaction. *Interaction Studies*, 5(2): 161-198
80. Robins, B., Ferrari, E., Dautenhahn, K., Kronreif, G., Prazak-Aram, B., Gelderblom, G. J., Tanja B., Caprino F., Laudanna E., Marti, P. (2010). Human-centred design methods: Developing scenarios for robot assisted play informed by user panels and field trials. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(12), 873-898.
81. Rouhi, A., Spitale, M., Catania, F., Cosentino, G., Gelsomini, M., & Garzotto, F. (2019, March). Emotify: emotional game for children with autism spectrum disorder based-on

- machine learning. In Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces: Companion str. 31-32.
82. Rudović, O., Lee, J., Dai, M., Schuller, B., & Picard, R. W. (2018). Personalized machine learning for robot perception of affect and engagement in autism therapy. *Science Robotics*, 3(19), eaao6760.
  83. Rudović, O., Lee, J., Mascarell-Maricic, L., Schuller, B. W., & Picard, R. W. (2017). Measuring engagement in robot-assisted autism therapy: A cross-cultural study. *Frontiers in Robotics and AI*, 4, 36.
  84. Scassellati, B., Admoni, H., & Matarić, M. (2012). Robots for use in autism research. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 14, 275–294.
  85. Scassellati B. (2007). How social robots will help us to diagnose, treat, and understand autism. *Robot Research*. 28, 552–63
  86. Sergers, L. i Verhoeven, L. (2004). Long- term effects of computer training of phonological awareness in kindergarten. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29,17-27.
  87. Skantze, G., & Al Moubayed, S. (2012). IrisTK: a statechart-based toolkit for multi-party face-to-face interaction. In *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction* str. 69-76.
  88. Somma, F.; Rega, A.; Gigliotta, O. (2019). Artificial Intelligence-powered cognitive training applications for children with attention deficit hyperactivity disorder: A brief review. *Child. Worldw.* 2, 4.
  89. Sonne, T., Obel, C., & Grønbaek, K. (2015). Designing Real Time Assistive Technologies: A Study of Children with ADHD. U *Proceedings of the Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction*. Str. 34-38.
  90. Stanton, C. M., Kahn Jr, P. H., Severson, R. L., Ruckert, J. H., & Gill, B. T. (2008). Robotic animals might aid in the social development of children with autism. U *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE international conference on Human robot interaction* str. 271-278.
  91. Sunstein, C. R. (2015). The ethics of nudging. *Yale J. on Reg.*, 32, 413.

92. Suzuki, R., Lee, J., & Rudović, O. (2017). NAO-dance therapy for children with ASD. U *Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* str. 295-296.
93. Talking Larry the Bird. Preuzeto 30. travnja 2024. s [https://talkingfriends.fandom.com/wiki/Talking\\_Larry\\_the\\_Bird](https://talkingfriends.fandom.com/wiki/Talking_Larry_the_Bird)
94. Tanaka, F., Cicourel, A., & Movellan, J. R. (2007). Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center. U *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(46), str. 17954-17958.
95. Tene, O., i Polonetsky, J. (2013). Big data for all: Privacy and user control in the age of analytics. *Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*, 11(5), 239–273,253.
96. Tor, H. T., Ooi, C. P., Lim-Ashworth, N. S., Wei, J. K. E., Jahmunah, V., Oh, S. L., Acharya, U. R., & Fung, D. S. S. (2021). Automated detection of conduct disorder and attention deficit hyperactivity disorder using decomposition and nonlinear techniques with EEG signals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 200, 105941
97. Wainer, J., Dautenhahn, K., Robins, B., and Amirabdollahian, F. (2014). A pilot study with a novel setup for collaborative play of the humanoid robot KASPAR with children with autism. *Int. J. Soc. Robot.* 6, 45–65.
98. WHO. *Assistive Technology*. Preuzeto 12. travnja 2024. s <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>
99. WHO i UNICEF. (2022). *Global report on assistive technology*.
100. WHO. (2016). *Priority Assistive Products List*. WHO.
101. Wood, L. J., Zaraki, A., Robins, B., & Dautenhahn, K. (2021). Developing kaspar: a humanoid robot for children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 13(3), 491-508.
102. Zaraki A, Wood L, Robins B, Dautenhahn K Development of a semi-autonomous robotic system to assist children with autism in developing visual perspective taking skills (2018). U 2018 27th IEEE international symposium on robot and human interactive communication (RO-MAN) (IEEE), str. 969–976