

# Model primjene potpomognute komunikacije s virtualnim asistentom za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga

---

Lončar, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2025

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:158957>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-15**



*Repository / Repozitorij:*

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 696

**MODEL PRIMJENE POTPOMOŽNE KOMUNIKACIJE S  
VIRTUALNIM ASISTENTOM ZA PODRŠKU KORISNIČKOJ  
SLUŽBI U PODRUČJU TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA**

Petra Lončar

Zagreb, veljača 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 696

**MODEL PRIMJENE POTPOMOŽNE KOMUNIKACIJE S  
VIRTUALNIM ASISTENTOM ZA PODRŠKU KORISNIČKOJ  
SLUŽBI U PODRUČJU TELEKOMUNIKACIJSKIH USLUGA**

Petra Lončar

Zagreb, veljača 2025.

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 696

Pristupnica: **Petra Lončar (0036525635)**

Studij: Računarstvo

Profil: Računarska znanost

Mentorica: prof. dr. sc. Željka Car

Zadatak: **Model primjene potpomognute komunikacije s virtualnim asistentom za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga**

### Opis zadatka:

Potpomognuta komunikacija je skup metoda i tehnika kojima se poboljšavaju komunikacijske vještine pojedinca s ciljem postizanja funkcionalne i učinkovite komunikacije. Jedna od navedenih metoda je komunikacija predefiniranim grafičkim simbolima. Virtualni asistenti za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga su programska rješenja koja imaju cilj olakšati komunikaciju s korisnicima. Stoga je potrebno istražiti mogućnost primjene potpomognute komunikacije kako bi virtualni asistenti odgovarali načelima univerzalnog dizajna i bili pristupačni svim korisnicima, uključivo korisnicima potpomognute komunikacije. U diplomskom radu potrebno je istražiti potencijal primjene potpomognute komunikacije s virtualnim asistentom za podršku korisničkog službi u području telekomunikacija. Za studijski primjer korisničke službe potrebno je temeljem proučavanja literature, suradnje sa stručnjacima iz logopedije i analize podataka prikupljenih od korisničke službe identificirati osnovne komunikacijske obrasce koji su prikladni za potpomognutu komunikaciju. Definirajte model primjene potpomognute komunikacije s virtualnim asistentima i istražite mogućnost korištenja modela strojnog učenja za komunikaciju grafičkim simbolima. Temeljem definiranog modela implementirajte programsko rješenje za web u odabranoj tehnologiji.

Rok za predaju rada: 14. veljače 2025.

## **Zahvala**

*Hvala mojoj mentorici prof. dr. sc. Željki Car na usmjeravanju, savjetima i pomoći tijekom izrade diplomskog rada i cijelog studija.*

*Hvala mojim prijateljima i kolegama koji su uljepšali i olakšali ovaj put te učinili ovaj period mog života posebnim.*

*Hvala od srca Maji, Bojanu, Anji i Neni na bezuvjetnoj ljubavi, podršci, razumijevanju i vjeri u mene koju osjećam na svakom koraku. Vi ste moja snaga.*

## Sadržaj

Uvod .....	1
1. PK – potpomognuta komunikacija .....	3
1.1. Inovacije u potpomognutoj komunikaciji .....	4
2. Virtualni asistenti .....	6
3. Odnos AI i potpomognute komunikacije .....	8
3.1. Re prezentacija znanja i rasuđivanje kod PK.....	9
3.2. Obrada prirodnog jezika, strojno učenje i računalni vid u PK .....	10
3.3. Primjena LLM-a u PK.....	12
4. PrAACT – Prediktivna PK s Transformerima .....	14
4.1. Veliki jezični modeli – Transformer arhitektura .....	15
4.2. Razvoj modela i provedeni eksperimenti.....	17
5. Galerije simbola.....	20
5.1. Najčešće galerije simbola.....	21
5.2. ARASAAC .....	22
5.3. Korišteni simboli.....	23
5.4. Grupiranje i odabir boja .....	24
6. Implementacija izvedbenog modela .....	26
6.1. Razvijene funkcionalnosti .....	30
6.2. Korištene tehnologije.....	40
6.3. Analiza pitanja postavljenih simbolima i odgovora modela .....	41
7. Daljnji razvoj .....	43
Zaključak.....	44
Literatura.....	45
Sažetak .....	47
Summary.....	48
Skraćenice .....	49

## Uvod

Potpomognuta komunikacija (PK) integrirana je skupina sastavnica koja uključuje simbole, pomagala, strategije i tehnike koje korisnici rabe s ciljem jačanja komunikacije. Cilj upotrebe nekog od oblika potpomognute komunikacije je ostvarenje funkcionalne komunikacije, cjelovito sudjelovanje u dobno primjerenim aktivnostima te stjecanje novih znanja i iskustava [1].

Razvoj umjetne inteligencije donosi značajne inovacije u području potpomognute komunikacije. Korištenjem tehnika poput obrade prirodnog jezika (Natural Language Processing, NLP), strojnog učenja i računalnog vida, tehnike potpomognute komunikacije postaju učinkovitije (omogućava se brže i lakše korištenje pomagala).

Umjetna inteligencija omogućuje i bolje prepoznavanje namjera korisnika, predviđanje riječi, automatsku lematizaciju (lingvistički proces svođenja riječi na osnovni oblik) te prilagodbu sučelja na temelju korisnikovih navika. Također pomaže u prevodenju slikovnih komunikacijskih simbola (crteži, crno-bijeli ili u boji, koji se koriste za potpomognutu komunikaciju) u tekst i govor, čime se povećava pristupačnost i olakšava svakodnevna komunikacija.

U ovom radu analizirani su postojeći radovi u području primjene modela umjetne inteligencije u potpomognutoj komunikaciji. Navedene su prednosti i izazovi implementacije tih modela te istraženi novi načini primjene.

Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti (HAKOM) sa sjedištem u Zagrebu je nacionalna regulatorna agencija za obavljanje regulatornih i drugih poslova u okviru djelokruga i nadležnosti propisanih Zakonom o elektroničkim komunikacijama, Zakonom o poštanskim uslugama i Zakonom o regulaciji tržišta željezničkih usluga i zaštita prava putnika u željezničkom prijevozu [2].

Agencija donosi propise, izdaje dozvole i nadzire pružatelje usluga kako bi se osigurala kvaliteta usluga, dostupnost mreža i poštivanje zakona. Također, HAKOM se bavi promicanjem digitalne infrastrukture i sigurnosti mreža, kao i edukacijom korisnika o njihovim pravima i mogućnostima u digitalnom svijetu [2].

Jedan od strateških ciljeva HAKOM-a je osigurati dostupnost usluga za sve korisnike, pa u projektima suradnje s akademskom zajednicom sudjeluju u istraživanjima vezanim uz pristupačnost digitalnih rješenja, a što podrazumijeva implementaciju potpomognute komunikacije u web-rješenja.

Praktični dio razvijen u okviru diplomskog rada uključuje integriranje potpomognute komunikacije kao opcije za odabir komunikacijskih simbola u postojeći prototip virtualnog asistenta za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga, razvijen u sklopu diplomskog rada na Fakultetu elektrotehnike i računarstva [3].

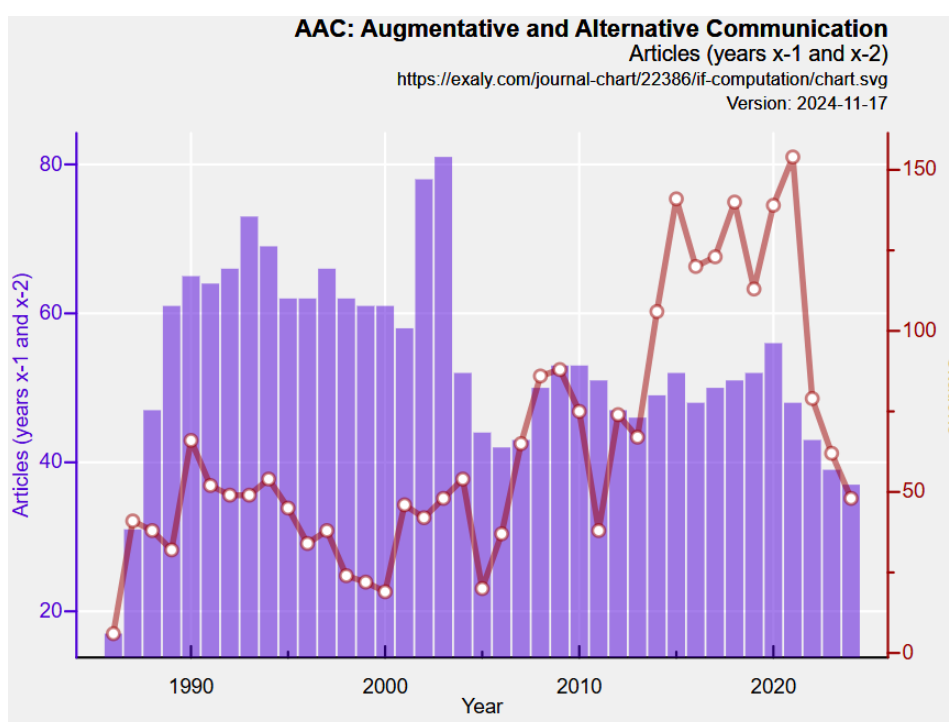
Istražene su najčešće korištene galerije simbola, odabrani simboli analizom najčešćih pitanja postavljenih korisničkoj službi HAKOM-a te je implementiran panel za odabir simbola u sučelje prototipa virtualnog asistenta. Istražen je i najprikladniji načini prikaza odgovora virtualnog asistenta na postavljeno pitanje te mogućnosti virtualnog asistenta da odgovara na pitanja koja nisu sintaksno i gramatički potpuno ispravna.

Cilj rada je osigurati dostupnost informacija za sve korisnike i povećati pristupačnost postojećeg web-rješenja.



# 1. PK – potpomognuta komunikacija

Potpomognuta komunikacija (PK) ili alternativna i augmentativna komunikacija (augmentative and alternative communication, AAC) je skup strategija pomoću kojih se pruža podrška osobama s komunikacijskim teškoćama u svrhu unapređenja njihovih komunikacijskih vještina. Može uključivati računalni softver i sklopovlje, uređaje za sintetizaciju govora, slike, fotografije i posebne komunikacijske knjige [4].



Slika 1.1 Broj članaka koji spominju PK u godinama 1985.-i 2024. [5]

Potpomognuta komunikacija sve češća je tema znanstvenih radova i istraživanja. Na slici 1.1. prikazan je broj članaka koji spominju potpomognutu komunikaciju u godinama 1985. – 2024. [5]. Najveći rast broja spominjanja primjećuje se oko 2021. godine.

Tehnologija je važna kod potpomognute komunikacije jer omogućuje korištenje personaliziranih alata poput komunikacijskog alata AssistiveWare<sup>1</sup> koji mogu jednostavno prilagoditi vokabular svojim korisnicima.

Softver zasnovan na umjetnoj inteligenciji može analizirati korisnikove navike i predložiti sljedeći simbol ili riječ koju bi osoba željela koristiti, čime se ubrzava i pojednostavljuje komunikacija.

Moguće je koristiti senzore pokreta te prepoznavanje glasa ili slike kako bi se omogućila interakcija osobama s različitim motoričkim ili kognitivnim teškoćama. Na taj način korisnicima se znatno poboljšava kvaliteta života i omogućava aktivno sudjelovanje u društvenom životu.

Tehnologije korištene za PK su posebno korisne za osobe s autizmom, cerebralnom paralizom, afazijom i drugim stanjima koja ometaju verbalnu komunikaciju. Inovativna tehnološka rješenja omogućila su značajan napredak u učinkovitosti PK.

## 1.1. Inovacije u potpomognutoj komunikaciji

Primjer tehnologije za potpomognutu komunikaciju su komunikacijski uređaji s glasovnim izlazom (Speech Generating Devices - SGDs). Ovi uređaji omogućuju korisnicima da odaberu simbole, slike ili tekst koji se potom pretvaraju u govor. Uređaji poput Tobii Dynavox<sup>2</sup> koriste tehnologiju praćenja očiju, omogućavajući osobama s motoričkim teškoćama da komuniciraju odabirom simbola putem pokreta očiju.

Također su razvijene i mnoge softverske aplikacije za PK. Aplikacije poput Proloquo2Go<sup>3</sup> i Avaz<sup>4</sup> omogućuju korisnicima da na tabletima ili pametnim telefonima odaberu simbole ili tekst koji se zatim pretvara u govor. Ove aplikacije su prilagodljive i nude razne jezike, simbole i glasovne opcije te omogućuju personaliziranu

---

<sup>1</sup> AssistiveWare, <https://www.assistiveware.com/learn-aac/personalize-vocabulary-and-system>

<sup>2</sup> Tobii Dynavox, <https://www.tobiidynavox.com/>

<sup>3</sup> Proloquo2Go, <https://www.assistiveware.com/products/proloquo2go>

<sup>4</sup> Avaz, <https://www.avazapp.com/products-avaz-aac-app/>

komunikaciju. Proloquo2Go je popularan zbog svoje jednostavne upotrebe i široke primjene kod djece i odraslih.

Umjetna inteligencija može analizirati korisnikove obrasce ponašanja i predviđati sljedeće riječi ili simbole koje bi korisnik mogao izabrati. Primjer su tehnologije temeljene na algoritmima dubokog učenja, koje uče iz korisnikovih prethodnih interakcija kako bi poboljšale brzinu i točnost komunikacije.

Osobe s teškim motoričkim teškoćama često koriste senzore pokreta za interakciju s komunikacijskim uređajima. Još jedan primjer tehnologije praćenja pokreta očiju ili glave je sustav Eye Gaze<sup>5</sup>, koji omogućuje korisnicima da upravljaju računalom ili PK uređajem bez upotrebe ruku.

Sučelje između ljudskog mozga i računala (Brain-Computer Interface, BCI) još uvijek je u fazi istraživanja, ali ima potencijal omogućiti korisnicima upravljanje uređajima putem moždanih signala. Ovakvo sučelje može pomoći osobama s najtežim stupnjevima invaliditeta, omogućavajući im komunikaciju bez fizičkog napora.

Asistivne tehnologije odnose se na širok raspon uređaja, softverskih rješenja i usluga koje pomažu osobama s različitim vrstama invaliditeta da budu samostalnije, poboljšaju kvalitetu života i sudjeluju u društvenim aktivnostima. Ove tehnologije mogu uključivati slušna pomagala, električna invalidska kolica, uređaje za poboljšanje vida, te softvere za prepoznavanje govora i kontrolu pokretom. Njihova primjena pomaže osobama s motoričkim, senzornim, kognitivnim ili govornim teškoćama.

PK je specifičan podskup asistivne tehnologije koji se fokusira na podršku osobama s teškoćama u verbalnoj komunikaciji. Dok asistivne tehnologije pokrivaju različite aspekte života (mobilnost, senzorne funkcije, itd.), PK tehnologije su usmjerene na osnaživanje komunikacijskih sposobnosti.

---

<sup>5</sup> Eye Gaze, <https://eyegaze.com/>

## 2. Virtualni asistenti

Virtualni asistenti su inteligentni sustavi koji koriste umjetnu inteligenciju za interakciju s korisnicima putem glasovnih naredbi ili tekstualnih poruka. Njihov razvoj prošao je kroz nekoliko faza, a današnji virtualni asistenti oslanjaju se na napredne tehnologije poput strojnog učenja, obrade prirodnog jezika i računalnog vida.

Prvi oblici virtualnih asistenata bili su jednostavni sustavi za obradu jezika. Jedan od najpoznatijih primjera je ELIZA<sup>6</sup> (1966.), koju je razvio Joseph Weizenbaum. ELIZA je simulirala psihoterapeuta koristeći jednostavna pravila za prepoznavanje ključnih riječi i odgovaranje na upite korisnika.

Razvoj tehnologija za prepoznavanje govora omogućio je stvaranje naprednijih virtualnih asistenata. IBM je predstavio sustav Watson (2001.), dizajniran za odgovaranje na složena pitanja koristeći tehnike strojne obrade jezika.

Dolazak pametnih telefona i poboljšanje internetske infrastrukture omogućili su širu primjenu virtualnih asistenata.

Virtualni asistenti obično koriste modularnu arhitekturu, koja uključuje nekoliko ključnih komponenti: prepoznavanje govora, obradu prirodnog jezika, razumijevanje namjere, sustav za generiranje odgovora, pretvaranje teksta u govor te baza znanja i vanjska aplikacijska programska sučelja (Application Programming Interface, API). API se kod virtualnih asistenata koristi za dohvaćanje odgovora modela na postavljeno pitanje korisnika.

Razvojem velikih jezičnih modela (Large Language Model, LLM) virtualni asistenti počeli su se koristiti u svim sferama društva. Veliki jezični modeli su napredni sustavi umjetne inteligencije dizajnirani za razumijevanje, obradu i generiranje teksta.

Danas su virtualni asistenti neizostavni dio svakodnevnog života, olakšavaju obavljanje zadataka i omogućuju jednostavniju interakciju s tehnologijom. Integriranje potpomognute komunikacije u sustave virtualnih asistenata omogućilo bi još široj

---

<sup>6</sup> ELIZA, <https://web.njit.edu/~ronkowit/eliza.html>

populaciji korištenje alata umjetne inteligencije u svakodnevnoj uporabi i učinilo tehnologiju pristupačnijom i inkluzivnijom.

U okviru diplomskog rada predloženo je integriranje potpomognute komunikacije u postojeći prototip virtualnog asistenta za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga. Istraženo je mogu li se koristiti simboli za komunikaciju s velikim jezičnim modelima i može li se panel sa simbolima integrirati u sučelje prototipa.

U tijeku je nekoliko istraživanja o primjeni umjetne inteligencije kod potpomognute komunikacije, ali područje je novo i postoji još puno toga što se mora istražiti.

Virtualni asistenti za sada ne osiguravaju opcije komunikacije simbolima, ali to je jedno od područja koje će se sigurno razvijati sa sve većim napretkom umjetne inteligencije i velikih jezičnih modela.

### 3. Odnos AI i potpomognute komunikacije

Zadnjih godina, s pojavom umjetne inteligencije (artificial intelligence, AI) , sve veći je naglasak na primjenu modela za rješavanje svakodnevnih problema. Istraživale su se mogućnosti, izazovi i opasnosti uključivanja i razvoja tehnologije umjetne inteligencije za potpomognutu komunikaciju.

Cilj umjetne inteligencije je stvaranje strojeva koji mogu koristiti karakteristike ljudske inteligencije za rješavanje problema i adaptiranje u okruženje koje se svakodnevno mijenja. Korištenjem mogućnosti umjetne inteligencije mogao bi se znatno ubrzati napredak u pružanju usluga osobama sa složenim komunikacijskim potrebama [6]. Razne komponente umjetne inteligencije imaju potencijal da se integriraju u softver za potpomognutu komunikaciju.

Najčešća podjela umjetne inteligencije sadrži šest osnovnih grana; reprezentacija znanja (knowledge representation), rasuđivanje (reasoning), obradu prirodnog jezika (natural language processing), strojno učenje (machine learning), računalni vid (computer vision) te robotiku. Svaka od tih grana, uključujući i one koje se razvijaju u zadnjih godina poput generativne umjetne inteligencije, mogu doprinijeti razvoju potpomognute komunikacije i učiniti komunikaciju pristupačnijom i inkluzivnijom.

Component	Definition	Mainstream Example	Some AAC Opportunities
<b>Knowledge Representation and Reasoning</b>	The process of organizing information in a way that a computer can understand and use reasoning to make automated decisions	Classification systems, diagnostic engines, and prediction systems	Augmented intelligence such as personalized AAC assessment and language knowledge and skill building
<b>Machine Learning</b>	Capability of a program to learn patterns and themes from data and apply that knowledge to other data	Many recommender and prediction algorithms used in entertainment apps and search engines	Customized word-prediction, custom speech synthesis (voices), tuning/calibration of alternative access systems
<b>Computer Vision</b>	Combines components of AI to process images and make decisions about them	Identification of objects, navigation	Automated visual-scene displays, vocabulary capture tools
<b>Natural Language Processing</b>	Ability to process and generate human-like text or speech based on knowledge of previous uses of language	Spam filters, smart assistants, word prediction on mobile devices	Word- and message-prediction, automated storytelling, voice recognition of dysarthric speech
<b>Robotics</b>	A physical agent that can move about and interact with its environment	Industrial robots for manufacturing, social robots for interaction	Social robots and robot-assisted learning; intelligent powered mobility

Slika 3.1 Komponente umjetne inteligencije s čestim primjerima i mogućnostima integracije AI u PK [6]

Na slici 3.1. prikazane su komponente umjetne inteligencije, njihove definicije, primjeri te mogućnosti korištenja u potpomognutoj komunikaciji.

Za svaku od navedenih komponenti u nastavku rada prikazan je detaljnije jedan primjer korištenja u području PK.

### 3.1. Reprezentacija znanja i rasuđivanje kod PK

Russell i Norvig u svojoj knjizi [7] definiraju reprezentaciju znanja kao područje umjetne inteligencije koje se bavi prevođenjem informacija u znanje te pohranjivanjem tog znanja na način koji omogućuje računalnim programima da ga razumiju i izvlače smisao. Računalni programi mogu koristiti to znanje za kategorizaciju objekata, donošenje odluka ili predviđanje. Primjeri korištenja pohrane i dohvaćanja reprezentacije znanja za optimizaciju preporuka su virtualni asistenti poput Siri<sup>7</sup>, Alexe<sup>8</sup> i Google Assistant<sup>9</sup>.

Reprezentacija znanja može se iskoristiti za reprezentaciju jezika, izradu vokabulara, kognitivnu podršku te poboljšanje znanja partnera u komunikaciji. Jedan od primjera reprezentacije znanja su i sržni vokabulari, kod kojih je reprezentacija znanja prikazana u obliku jezičnih struktura dizajniranih za poboljšanje komunikacije.

Napper, Robey i McAfee u svom radu [8] istražuju ideju korištenja ekspertnih sustava za određivanje koji od ponuđenih uređaja za potpomognutu komunikaciju najbolje odgovara korisniku s teškoćama u komunikaciji. Ekspertni sustavi su računalni programi koji oponašaju način na koji stručnjaci donose odluke. U kontekstu PK, to znači da bi ekspertni sustav mogao predlagati optimalan uređaj za PK korisniku na temelju podataka o osobi i povijesnih podataka o dodjeljivanju uređaja drugim korisnicima, slično kao što to čini ljudski stručnjak. Prepreka koja se postavlja pred stručnjake za ekspertne sustave je složenost PK sustava, koji ovise o mnogim

---

<sup>7</sup> Siri, <https://www.apple.com/siri/>

<sup>8</sup> Alexa, <https://www.alexa.com/>

<sup>9</sup> Google Assistant, <https://assistant.google.com/>

čimbenicima kao što su obrasci komunikacije, motoričke, jezične i kognitivne sposobnosti pojedinca te znanje, vještina i stavovi tima koji sudjeluje u donošenju odluka. Ekspertne sustave korištene u radu evaluirali su i ljudski stručnjaci te je zaključeno da u 90% slučajeva donose dobre odluke o dodjeljivanju uređaja.

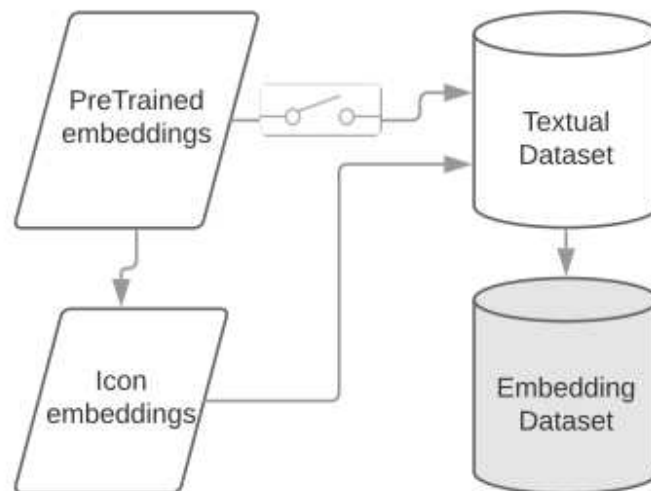
Jedan od glavnih izazova kod programiranja AI sustava je problem okvira kojeg Boden objašnjava u svojoj knjizi [9]. To se događa kada računalo nema referentni okvir za donošenje odluke u određenoj situaciji. Ljudi prirodno razumiju kontekst, dok računala često ne znaju što je relevantno. Rješenje je korištenje logičkog zaključivanja, gdje AI može samostalno donijeti odluku na temelju prethodnog znanja, umjesto da mu se unaprijed definiraju sve moguće situacije [9].

### 3.2. Obrada prirodnog jezika, strojno učenje i računalni vid u PK

Obrada prirodnog jezika definira se kao računalni proces koji se fokusira na prepoznavanje i generiranje prirodnog jezika [6]. U povijesti je problem predstavljala kompleksnost reprezentacije jezika na način da ga računala razumiju. Starije verzije obrade prirodnog jezika fokusirale su se na analizu gramatike i sintakse, dok se danas oslanjaju na strojno učenje i statističku analizu za predikciju lingvističkih uzoraka.

Dudy i Bedrick u svom radu [10] predstavljaju metodu treniranja jezičnih modela zasnovanih na simbolima. Autori u radu istražuju kako se modeli obrade prirodnog jezika mogu koristiti za predikciju simbola i generiranje rečenica. Koriste set od 12,434 jedinstvenih simbola povezanih s njihovim tekstualnim izrazom. Ugradili su simbole u tekst i na taj način kreirali pseudo-rečenice (simbol-rečenice). Nastojali su projicirati simbole u prostor riječi. Za jezični model korištena je arhitektura povratne neuronske mreže (Recurrent Neural Network, RNN) s dva skrivena sloja posebnog tipa povratne neuronske mreže - dugotrajne kratkotrajne memorije (Long short-term memory, LSTM) te zadnjim softmax slojem. Blok dijagram prikazan na slici 3.2. prikazuje proces generiranja skupa za treniranje jezičnog modela [10].





Slika 3.2 Blok dijagram procesa generiranja skupa za treniranje [10]

Sustavi potpomognute komunikacije tradicionalno nude jednostavne fraze, dok bi ovakav pristup omogućio stvaranje potpunih i gramatički ispravnih rečenica. Sustav može učiti iz korisničkih obrazaca i prilagoditi prijedloge sljedećih fraza njihovim potrebama. Ograničenja koja se spominju u radu [10] su složene fraze i izrazi te morfologija riječi poput glagolskog vremena i množine. Kao zaključak se navodi da bi ovakav pristup mogao biti koristan korisnicima potpomognute komunikacije, ali uz još prostora za napredak.

Postoji nekoliko pristupa stvaranju programa strojnog učenja koji mogu učiti i odlučivati o svom izlazu s obzirom na ulaz programa. Područja strojnog učenja koja bi mogla imati najveći učinak u poboljšanju sustava potpomognute komunikacije su neuronske mreže. Strojno učenje već je utjecalo na mnoge domene potpomognute komunikacije poput sinteze govora [6].

Alternativni pristup PK definira se kao metode koje se koriste kada korisniku dodir ili pokazivanje u svrhu komunikacije nisu mogući. Najveći naglasak stavlja se na prepoznavanju pokreta i gesti kao okidaču za odabir poruke. Pri korištenju metoda strojnog učenja za alternativni pristup PK važno je uzeti u obzir automatizam u korištenju PK sustava koji osobe s složenim komunikacijskim potrebama mogu razviti te kako modeli temeljeni na strojnome učenju mogu utjecati na tu vještinu.

Korisnici razvijaju motoričku memoriju za način komunikacije koji im najviše odgovara, pa prelazak na novi pristup može biti problematičan [6].

Računalni vid je sposobnost računalnog programa da razumije i obradi vizualne informacije. Računalni vid može se koristiti za klasificiranje slika s obzirom na zajedničke karakteristike te praćenje gesta i pokreta. Primjer primjene računalnog vida u PK su već spomenuti uređaji za praćenje pokreta očiju poput Tobii Dynavox.

### 3.3. Primjena LLM-a u PK

Veliki jezični modeli (Large Language modeli, LLM) mogu se prilagoditi za generiranje niza slika i komunikaciju simbolima. Prvi korak je pretvaranje simbola u format koji LLM može razumjeti, poput ugrađenih reprezentacija (embedding) koje onda predstavljaju simbole. Na sličan način se riječi u prirodnom jeziku pretvaraju u numeričke reprezentacije. Moguće je koristiti pred-trenirane modele poput CLIP (Contrastive Language-Image Pretraining)<sup>10</sup> ili modele zasnovane na konvolucijskim neuronskim mrežama poput ResNet<sup>11</sup> za kreiranje vektorskih reprezentacija svakog simbola. Svaka ugrađena (vektorska) reprezentacija prikazuje semantičko značenje slika.

Sljedeći korak podrazumijeva treniranje modela kao što su LLM ili LSTM, specijalizirani za učenje uzoraka niza. Model treba biti treniran na prethodnom ponašanju korisnika, gdje niz simbola odgovara izraženim korisnikovim potrebama. S obzirom na trenutni simbol, ili nekoliko prethodnih simbola, model predviđa sljedeći najizgledniji simbol.

Nakon treniranja potrebno je napraviti podešavanje modela na povijesnim podacima interakcije korisnika kako bi bolje razumio tipične uzorke u komunikaciji i ponašanju korisnika.

Takav prilagođeni veliki jezični model može biti interaktivan s korisnikom u realnom vremenu i predložiti sljedeći najvjerojatniji simbol. Za dodatno poboljšanje kvalitete

---

<sup>10</sup> CLIP, <https://github.com/openai/CLIP>

<sup>11</sup> ResNet, <https://paperswithcode.com/method/resnet>

korištenja moguće je dopustiti korekcije od strane korisnika i iskoristiti ih za daljnje podešavanje parametara modela.

Za implementaciju navedenog modela koristili bi se radni okviri poput PyTorch-a<sup>12</sup> ili TensorFlow-a<sup>13</sup>. PyTorch je softverska biblioteka za strojno učenje temeljena na softverskoj biblioteci Torch koja se koristi u aplikacijama koje koriste računalni vid ili obradu prirodnog jezika. Tensorflow je softverska biblioteka koja se najčešće koristi za treniranje neuronskih mreža. Za predikciju sljedećeg simbola mogu se koristiti softverske biblioteke za velike jezične modele poput Hugging Face Transformers<sup>14</sup>, gdje je moguće početi s pred-treniranim LLM modelom i podesiti ga dodatno za specifični zadatak.

Jedan od izazova izrade navedenog modela je prikupljanje podataka o interakciji korisnika. Više podataka rezultiralo bi boljim predviđanjem modela. Model bi trebao biti osjetljiv i na kontekst za kvalitetniju predikciju.

S ovim pristupom bilo bi moguće izgraditi model za potpomognutu komunikaciju koji uzima u obzir i uzorke u komunikaciji korisnika.

Jedan od postojećih softverskih biblioteka koja je na tragu do sada spomenutih funkcionalnosti je SeqX2Y<sup>15</sup>. Koristi se za sekvencijsko predviđanje slika pomoću dubokog učenja. Izvorno je razvijena za medicinsko predviđanje faza respiratornih pokreta, no može se prilagoditi i drugim područjima, poput predviđanja korisničkih interakcija u korisničkoj podršci.

---

<sup>12</sup> PyTorch, <https://pytorch.org/>

<sup>13</sup> Tensorflow, <https://www.tensorflow.org/>

<sup>14</sup> HuggingFace, <https://huggingface.co/docs/transformers/index>

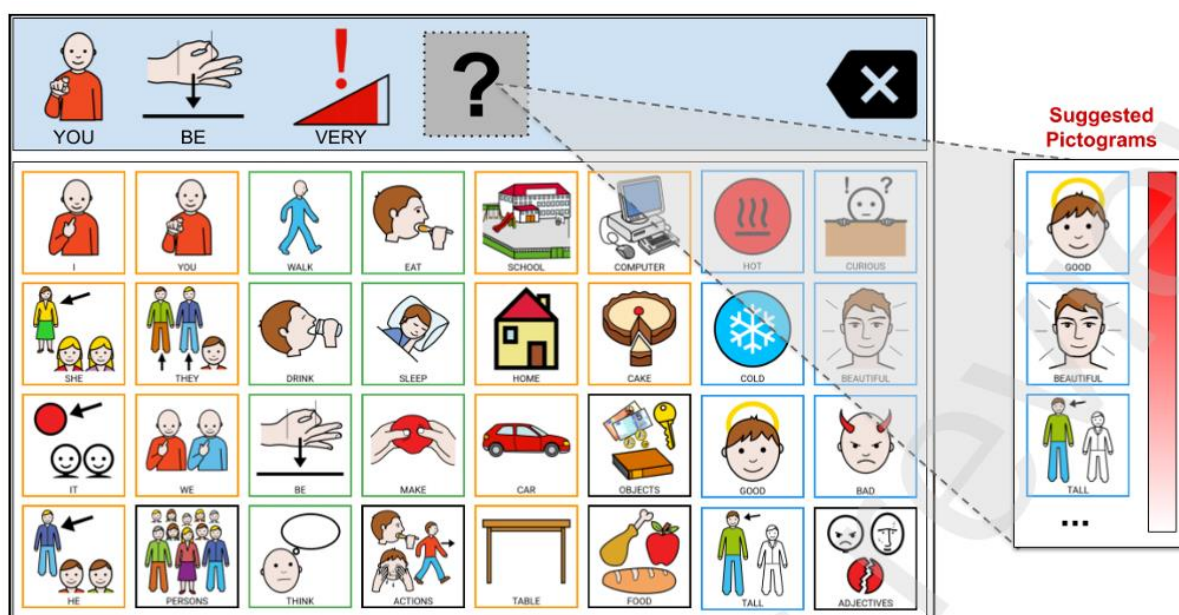
<sup>15</sup> SeqX2Y, <https://github.com/nadeemlab/SeqX2Y>

## 4. PrAACT – Prediktivna PK s Transformerima

U kolaboraciji sveučilišta Northwestern University u SAD-u te Universidade Federal de Pernambuco u Brazilu provedeno je istraživanje [11] mogućnosti korištenja metode zasnovane na modelima s Transformer arhitekturom za predikciju simbola u komunikatorima. Opisana metoda PrAACT fokusira se na jednostavnu prilagodbu i uključivanje specifičnih korisničkih vokabulara u veliki jezični model. Metoda se sastoji od prilagodbe tekstnog korpusa (velikog skupa tekstualnih podataka za analizu jezika) na PK domenu, podešavanja velikih jezičnih modela temeljenih na Transformer arhitekturi (arhitektura dubokih modela objašnjena u sljedećem poglavlju) te zamjene težina jezičnih modela s ugrađenim reprezentacijama korisničkog vokabulara.

Česti pristup PK su komunikatori koje koriste grafičke reprezentacije koncepata kao što su radnje, objekti, ljudi, životinje, opisi ili mjesta. Grafičke reprezentacije (simbole) moguće je odabrati i složiti u niz koji formira rečenicu.

Primjer komunikatora koji u pozadini koristi prediktivni model za sugestiju sljedećeg simbola u nizu prikazan je na slici 3.1. [11].



Slika 4.1 Primjer sustava za potpomognutu komunikaciju koji koristi prediktivni model za sugestiju odabira sljedećeg simbola za formiranje rečenice [11]

Za razvoj komunikatora korištena je ARASAAC<sup>16</sup> galerija simbola prevedena na engleski jezik. Istraživanje je provedeno nedavno pa ovaj komunikator još nije u široj upotrebi.

U radu [11] se navode prednosti uvođenja predikcije sljedećeg simbola u komunikatore, poput dodatne gramatičke podrške, poboljšanja brzine korištenja i cjelokupnog korisničkog iskustva.

#### 4.1. Veliki jezični modeli – Transformer arhitektura

Veliki jezični modeli (Large Language Models, LLMs) zasnovani na Transformer arhitekturi pokazali su odličnu efikasnost kod obrade prirodnog jezika. Transformer arhitektura kombinira mehanizam self-attention i unaprijedne neuronske mreže kako bi obradila sekvencijalne podatke poput rečenica i iz njih izvukla korisne značajke. Glavna karakteristika Transformer arhitekture je mehanizam attention, koji omogućuje modelu da se fokusira selektivno na specifične dijelove ulazne sekvence [6].

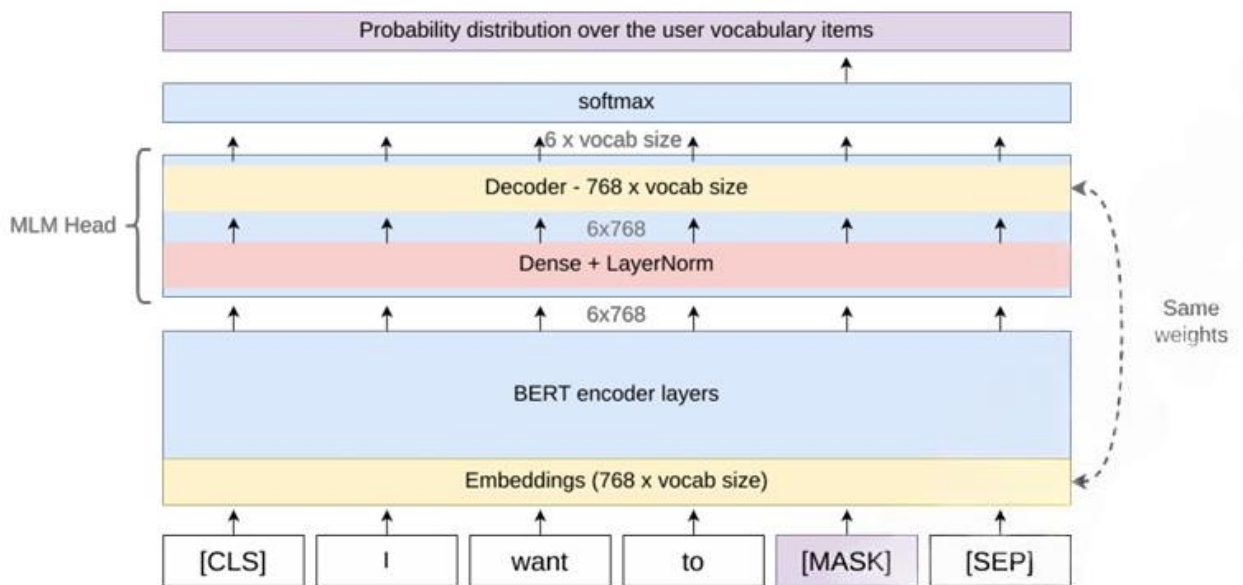
Dva velika jezična modela zasnovana na Transformer arhitekturi spomenuta u radu su GPT (Generative Pre-trained Transformers) te BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [12]. BERT je jezični model koji uči kontekst odnosa između tokena (gradivni blokovi jezika poput riječi i interpunkcijskih znakova) u neoznačenom tekstu.

Na slici 4.2. prikazana je arhitektura modela BERT. Model prima niz tokena na ulazu i generira reprezentaciju za svaki token, koje se onda koriste za zadatke poput klasifikacije teksta, odgovora na pitanja i generiranje teksta [11].

Prije dovođenja podataka na ulaz modela potrebno je napraviti tokenizaciju. Tokenizacija podrazumijeva razdvajanje rečenice u tokene koji mogu biti riječi ili dijelovi riječi.

---

<sup>16</sup> ARASAAC, <https://arasaac.org/>



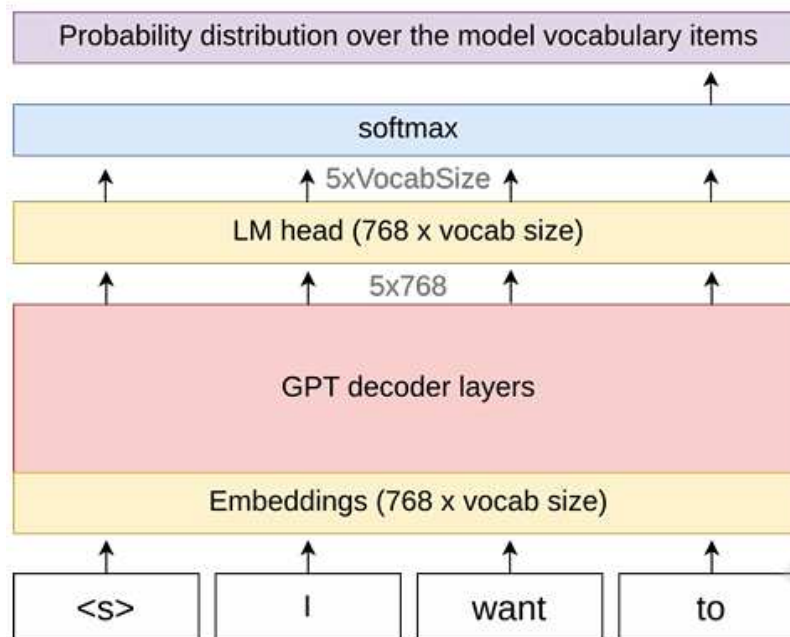
Slika 4.2. Arhitektura BERT modela [11]

Kod BERT-a, model je treniran koristeći modeliranje maskiranog jezika (Masked Language Modeling, MLM). MLM je tehnika pre-treniranja koja se koristi kod obrade prirodnog jezika kako bi se omogućilo modelu predviđanje maskiranih tokena u ulaznoj rečenici.

Drugi navedeni model GPT treniran je da predviđa sljedeću riječ u danom nizu. Na slici 4.3. prikazana je arhitektura GPT modela.

Tekstualni ulaz transformira se u vektorski, koji se zatim dovodi na ulaz Transformer blokova. Model je treniran koristeći procjenu maksimalne vjerojatnosti, a nastoji maksimizirati vjerojatnost predviđanja ispravnog tokena u svakom koraku [11].

Na izlazu GPT modela je distribucija vjerojatnosti stavki iz vokabulara modela na temelju koje se bira sljedeći najizgledniji simbol.



Slika 4.3 Arhitektura GPT modela [11]

Jezični modeli temeljeni na Transformer arhitekturi olakšali su zadatke obrade prirodnog jezika jer se mogu podešavati za razne zadatke koristeći manje podataka i računalnih resursa od tradicionalnih modela [11].

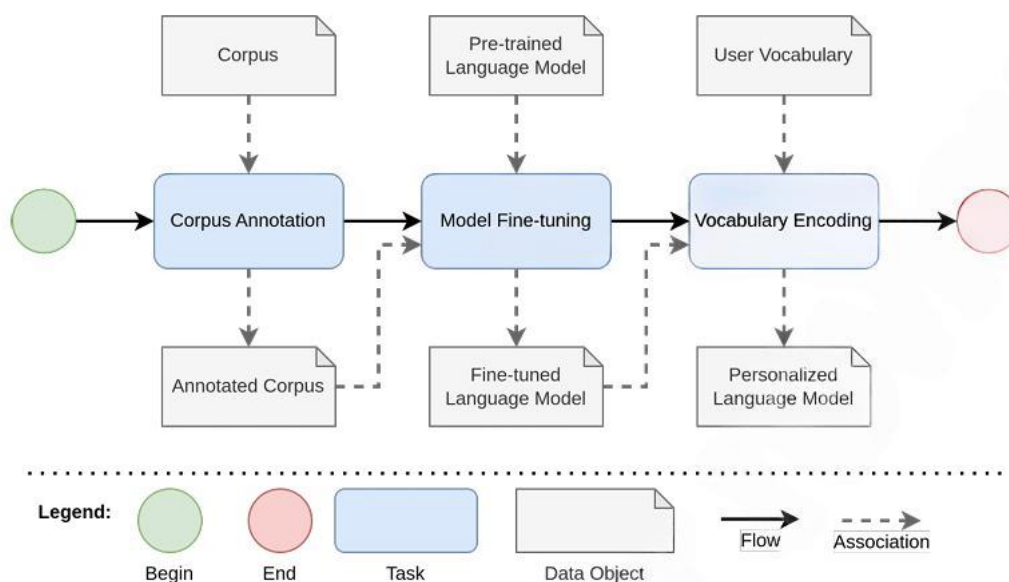
## 4.2. Razvoj modela i provedeni eksperimenti

Metoda PrAACT opisana u radu [11] sastoji se od tri koraka: anotacija korpusa (veliki uzorak prirodnog jezika), podešavanje modela te kodiranje rječnika. Svi koraci metode prikazani su na dijagramu na slici 4.3.

Odabrani korpus trebao bi održavati komunikacijske potrebe svojih korisnika, što obično zahtjeva jednostavan i koncizan jezik. Navode se dvije opcije dohvaćanja podataka za korpus – ekstrakcija rečenica s web-a i iz knjiga te korištenje specijaliziranih korpusa razvijenih za potpomognutu komunikaciju. U eksperimentiranju s PrAACT korišteni su korpusi AACText i SemCHILDES<sup>17</sup>. AACText

<sup>17</sup> SemCHILDES, <https://colab.research.google.com/github/jayralencar/pictoBERT/blob/main/SemCHILDES.ipynb>

korpus razvijen je u sklopu projekta [13] u kojem se koristi nabava iz mnoštva (crowdsourcing) za kreiranje velikog korpusa za konverzacijsku potpomognutu komunikaciju. SemCHILDES korpus izveden je iz poznatijeg CHILDES (The Child Language Data Exchange System) korpusa kojeg su razvili Brian MacWhinney i Catherine Snow 1984. godine [14]. Korištenjem označavanja part-of-speech (POS) i morfološke analize korpus je pretvoren u telegrafski jezik. Telegrafski jezik je pojednostavljena verzija jezika u kojoj se koriste samo sadržajno najvažnije riječi za prenošenje ideje ili misli, dok se riječi koje imaju samo gramatičku ulogu poput veznika i prijedloga izbacuju [15]. Riječi su pretvorene u osnovni oblik (lema; npr. olovkom - olovka) kako bi se smanjila veličina vokabulara i zadržale samo najvažnije riječi. U radu [11] je korištena python biblioteka Spacy<sup>18</sup> za POS i pretvaranje riječi u leme.



Slika 4.2 Koraci metode PrAACT [11]

Na ulaz modela dovodi se anotirani korpus, a pred-trenirani model korišten je kao baza. Bazni modeli velike su neuronske mreže trenirane na velikim skupovima podataka. Podešavanje pred-treniranih modela omogućava prilagodbu na specifičan zadatak. Različiti modeli mogu se koristiti u ovom koraku, poput povratnih neuronskih mreža, ali najbolje rezultate pokazuje korištenje modela poput BERT i GPT [11].

<sup>18</sup> Spacy, <https://spacy.io/>



Rad [11] se nastavlja objašnjavajući korak kodiranja vokabulara. Ulazni podaci u ovom koraku su podešeni model i korisnički rječnik. Ovaj korak omogućuje korištenje jezičnih modela u zero-shot okruženju (problem u dubokom učenju kada model predviđa razred za uzorke čiji razredi nisu viđeni tijekom treniranja modela), što znači da korisnici mogu fleksibilno komunicirati bez potrebe za unaprijed definiranim rečenicama.

Mijenjanjem težinskih matrica dekoderskog sloja modela moguće je prilagoditi model tako da generira riječi iz novog rječnika umjesto iz originalnog skupa riječi koje je koristio tijekom treniranja. Svaka riječ iz korisničkog rječnika prolazi kroz sloj ugrađenih reprezentacija modela, koji joj dodjeljuje vektor u istom prostoru kao i originalni rječnik modela. Ako određeni izraz ne postoji u rječniku modela (npr. *"wake up"*), on se dijeli na pojedinačne tokene (*"wake"*, *"up"*) i njihov vektor se kombinira, primjerice zbrajanjem ili prosječnom vrijednošću vektora [11].

Provedeno je nekoliko eksperimenata i rezultati su određeni usporedbom površine ispod radne karakteristične krivulje prijarnika (area under the curve, AUROC) i standardne devijacije predviđanja različitih modela.

Isprobani su modeli poput PictoBERT [16] (prilagođena verzija BERT modela za predviđanje sljedećih simbola), BERT-AAC (također prilagođena verzija BERT modela) i GPT-AAC (prilagođena verzija GPT modela) i pokazana je njihova mogućnost da ispravno predviđaju prikladne simbole s obzirom na kontekst nepotpune rečenice.

Zaključeno je da još postoje izazovi kod adaptacije LLM modela na domenu potpomognute komunikacije, ali da bi mogao biti vrijedan alat u budućnosti.

## 5. Galerije simbola

Galerije simbola ključne su u potpomognutoj komunikaciji jer omogućavaju osobama s teškoćama u govoru ili jeziku da efikasno komuniciraju. Simboli su vizualne reprezentacije pojmova koje olakšavaju razumijevanje i izražavanje, posebno osobama s kognitivnim teškoćama, autizmom, afazijom i drugim stanjima. Simboli kod osoba s teškoćama u komunikaciji postaju alat za prenošenje misli, emocija i potreba. Različite galerije simbola omogućavaju prilagodbu komunikacijskih alata prema individualnim sposobnostima, kulturi i jeziku korisnika. Galerije simbola omogućuju dodavanje specifičnih simbola za pojedinačne potrebe, kao što su imena članova obitelji, specifične aktivnosti ili regionalni pojmovi.

Simboli mogu pomoći korisnicima u učenju strukture jezika kao i razumijevanje pojmova poput imenica, pridjeva i glagola. Galerije simbola poput ARASAAC i Widgit<sup>19</sup> nude podršku na više jezika, omogućavajući korisnicima dvojezičnu ili višejezičnu komunikaciju. Korištenje standardiziranih galerija simbola (npr. SymbolStix) omogućava da različiti uređaji i aplikacije budu međusobno kompatibilni i na taj način olakšavaju prijelaz korisnika s jednog sustava na drugi. Simboli koji su univerzalni i vizualno intuitivni olakšavaju korištenje i razumijevanje korisnicima.

Često se koriste i galerije simbola prilagođenih rječnika za individualne specifične komunikacijske potrebe. Takve galerije koriste često korištene fraze, osobna imena ili vokabular specifičan za kontekst.

Sržni rječnici fokusiraju se na najčešće korištene riječi u komunikaciji, neovisno o kontekstu. Takvi sustavi daju prioritet riječima visoke frekvencije poput „mogu“, „ići“ i „pomoć“. Riječi u sržnim rječnicima mogu se koristiti u nekoliko različitih konteksta.

Semantički sustavi organiziraju riječi i simbole po kategorijama (npr. životinje, emocije, hrana) za lakše snalaženje. Taksonomski sustavi slijede hijerarhijsku organizaciju, omogućujući lakši pristup korisnicima sa specifičnim potrebama. U nastavku rada detaljnije će se objasniti najčešće korištene galerije simbola u potpomognutoj komunikaciji i komunikacijskim pločama.

---

<sup>19</sup> Widgit, <https://www.widgit.com/>

## 5.1. Najčešće galerije simbola

Jedna od najčešćih korištenih komercijalnih galerija simbola je PCS<sup>20</sup> (Picture Communication Symbols). Više od 30 godina PCS galeriju simbola koriste i djeca i odrasli s teškoćama u komunikaciji kako bi komunicirali svoje misli i učili čitati i pisati. Koriste se četiri različita tipa PCS simbola: Classic, Thin line, High Contrast i In-Context. Classic stil podrazumijeva jednostavnu paletu boja, debele crne linije i bijelu pozadinu. Thin Line stil je modernija i realističnija verzija Classic stila. Osobe s kortikalnim oštećenjem vida zahtijevaju tamnu pozadinu simbola pa je razvijen i High Contrast stil. In-Context stil dizajniran je s namjerom da zrelije odrasle osobe mogu komunicirati svakodnevne situacije. Najpoznatiji proizvod koji koristi PCS bazu je Boardmaker<sup>21</sup>, kolekcija softverskih paketa za izradu i rad s slikovnim komunikacijskim simbolima. Boardmaker nudi niz opcija poput gotovih obrazaca za izradu igara, šablone za izradu kartica i predložaka za komunikatore, program za crtanje te katalog gotovih simbola koji se mogu kopirati, izrezivati, umnažati i ispisivati. Partner Boardmaker-a za Hrvatsku je E-Glas<sup>22</sup>.

SymbolStix<sup>23</sup> je popularna galerija s više od 100,000 simbola i podrškom za engleski, španjolski i još devet jezika. Galerija se sastoji od univerzalnih simbola optimiziranih za učenje i komunikaciju. Jednostavno ju je prilagoditi na postojeće sustave i implementirati u nove aplikacije. SymbolStix galeriju koriste i popularne PK aplikacije TouchChat i Proloquo2go, prethodno spomenute u radu.

Widgit galerija simbola namijenjena je korisnicima svih dobnih skupina, mogućnosti i kulturoloških pozadina u okruženju koje je u rasponu od vrtića do domova za starije i nemoćne. Simboli su dizajnirani da pružaju podršku nastavnicima, terapeutima i njegovateljima poboljšanjem inkluzivnih okruženja za učenje uz promicanje značajnih interakcija.

---

<sup>20</sup> PCS, <https://us.tobiidynavox.com/products/picture-communication-symbols-pcs>

<sup>21</sup> Boardmaker, <https://get.myboardmaker.com/partner>

<sup>22</sup> E-Glas, <https://www.eglas.hr/boardmaker/>

<sup>23</sup> Symbolstix, <https://www.n2y.com/symbolstix-prime/>

## 5.2. ARASAAC

Nekomercijalna galerija simbola ARASAAC (*Aragonese Center of Augmentative and Alternative Communication*) široko je korištena galerija simbola, odabrana za korištenje u praktičnom dijelu ovog rada. ARASAAC osigurava besplatan pristup velikoj kolekciji simbola i resursa zaštićenima pod licencom Creative Commons. To je čini pristupačnom i dostupnom za individualce, edukatore i terapeute. Posebno je korisna kod implementacije potpomognute komunikacije s ograničenim budžetom ili ograničenim resursima.

Ovaj projekt financira Ministarstvo kulture, sporta i obrazovanja Vlade Aragonije (Španjolska). Galerija simbola pokriva širok raspon koncepata kao što su emocije, aktivnosti, objekti i radnje.

Kontinuirano se ažurira kako bi uključila nove simbole i uskladila različite potrebe korisnika. Simboli i materijali sa zadacima i igrama za pomoć u potpomognutoj komunikaciji dostupni su u više od 30 jezika, uključujući i hrvatski, što ARASAAC čini prikladnom galerijom za razvoj panela za potpomognutu komunikaciju kod virtualnih asistenata s podrškom za hrvatski jezik.

Primjer korištenja galerije simbola kod komunikacijskih ploča na engleskom jeziku prikazan je na slici 5.1. Na slici je prikazan web komunikator AsTeRICS Grid, koji koristi ARASAAC simbole te je besplatan za korištenje i potpuno prilagodljiv što ga čini prikladnim za sve korisnike [17]. AsTeRICS Grid prilagođava se osobi na temelju njenih godina, interesa, mogućnosti i socijalnog okruženja.

ARASAAC galerija omogućava korisnicima preuzimanje, uređivanje i prilagođavanje simbola što olakšava izradu prilagođenih komunikacijskih ploča ili materijala sa zadacima za rad s potpomognutom komunikacijom.

Potiče se suradnja u zajednici korisnika, u kojoj korisnici mogu doprinijeti i dijeliti resurse. Jednostavna je integracija simbola u komunikacijske ploče, edukacijske alate i multi modalnu komunikaciju. ARASAAC se ističe zbog svoje pristupačnosti, višejezične podrške, kvalitete simbola i predanosti inkluzivnosti.



Slika 5.1 Primjer komunikacijske ploče s ARASAAC simbolima na engleskom jeziku [17]

### 5.3. Korišteni simboli

U okviru diplomskog rada predlaže se korištenje potpomognute komunikacije u korisničkoj podršci. U praktičnom dijelu rada razvija se panel (komponenta sučelja koja sadrži simbole) potpomognute komunikacije za odabir simbola kojima se komunicira s prototipom virtualnog asistenta za korisničku podršku u telekomunikacijskim uslugama.

Simboli korišteni za panel za odabir simbola u praktičnom dijelu rada odabrani su analizom najčešćih pitanja koji su korisnici postavljali na stranicama HAKOM-a. Najčešća pitanja dijele se u četiri kategorije: Elektroničke komunikacije, 5G mreža, Pošta i Željeznica. Pitanja se najčešće odnose na sklapanje i raskid ugovora, preseljenje usluge, roaminga i međunarodnih poziva i SMS poruka. Primjeri postavljenih pitanja: *Može li se ugovor prenijeti na drugu osobu?, Pokvario mi se modem. Koja su moja prava?, Što je međunarodni roaming?...*

Cilj odabira simbola za PK panel koji se integrira u virtualni asistent je selekcija najvažnijih riječi koje bi predstavljale što više mogućih potreba korisnika. Odabrani su sljedeći simboli analizom teksta najčešće postavljenih pitanja: mogu li, što, dobiti, prenijeti, prekinuti, povećati, bez, poslovan, međunarodni, ugovor, mobitel, usluga, poslovnica, Internet, prava, paket, promjena, cijena, plaćanje, račun, brzina,

ograničenje, operator, adresa, trajanje, broj, modem, kvar, EU/EEA, sms, poziv, rok, pad, trošak, plovilo i propisi. Odabrane simbole evaluirali su stručnjaci logopedije i složili se da nije potrebno predložiti nikakve promjene. Primjeri navedenih simbola preuzeti s ARASAAC baze simbola prikazani su na slici 5.2.



*Slika 5.2 Primjeri ARASAAC simbola korištenih u praktičnom dijelu rada*

Razvijeni panel sadrži 36 simbola, ali dodatno je istražena mogućnost proširivanja skupa simbola povezivanjem na bazu svih simbola koristeći API (Application Programming Interface).

Skup simbola može se proširiti daljnjom analizom domenskih pitanja iz korisničke službe i analizom komunikacijskih potreba pojedinačnog korisnika.

#### 5.4. Grupiranje i odabir boja

Nakon odabira simbola, raspoređeni su u svom originalnom obliku u panel prikazan na slici 5.3. Simbole je moguće preuzeti s ARASAAC baze u raznim bojama pozadine. Nakon konzultacija sa stručnjacima logopedije, odlučeno je simbole grupirati po kategorijama riječi i shodno tome primijeniti prikladnu boju pozadine.

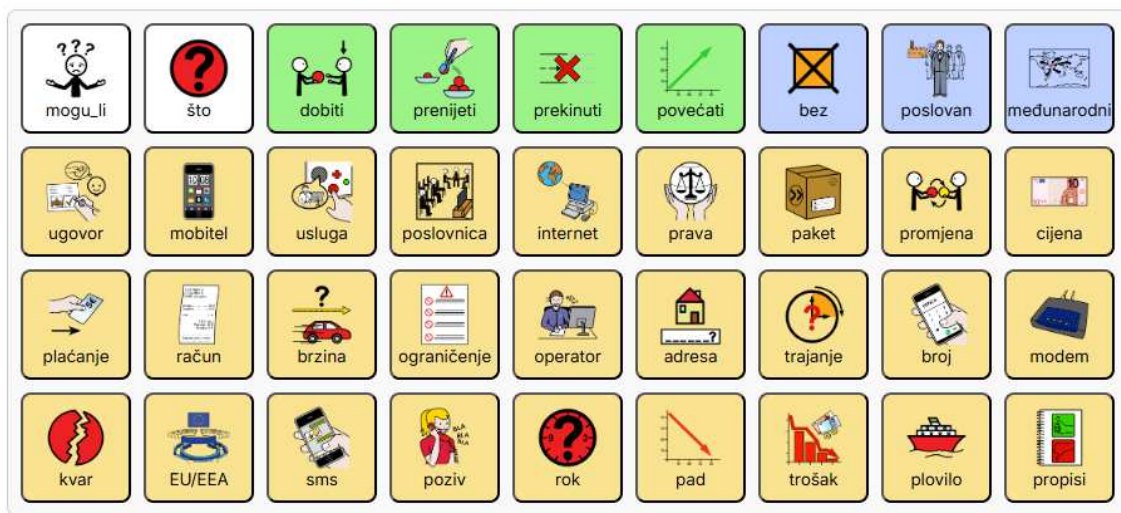


Slika 5.3 Originalan raspored simbola na PK panelu

Modificirani Fitzgerald ključ je sustav korištenja panela kodiranih bojom unutar PK sustava kako bi se povećala pristupačnost i lingvistički odnosi [18].

Ključ Fitzgerald razvila je Edith Fitzgerald u 1929. U to vrijeme primarni cilj ključa bilo je učenje gramatike individualaca s oštećenjem sluha. Taj se sustav s vremenom proširio i evoluirao.

Koristi se specifično kodiranje bojom kako bi se prikazale različite gramatičke kategorije i dijelovi teksta. Standardno se u potpomognutoj komunikaciji koristi zelena boja za glagole, plava za pridjeve i narančasta za imenice. Nakon implementiranih promjena simboli su grupirani i novi panel prikazan je na slici 5.4.



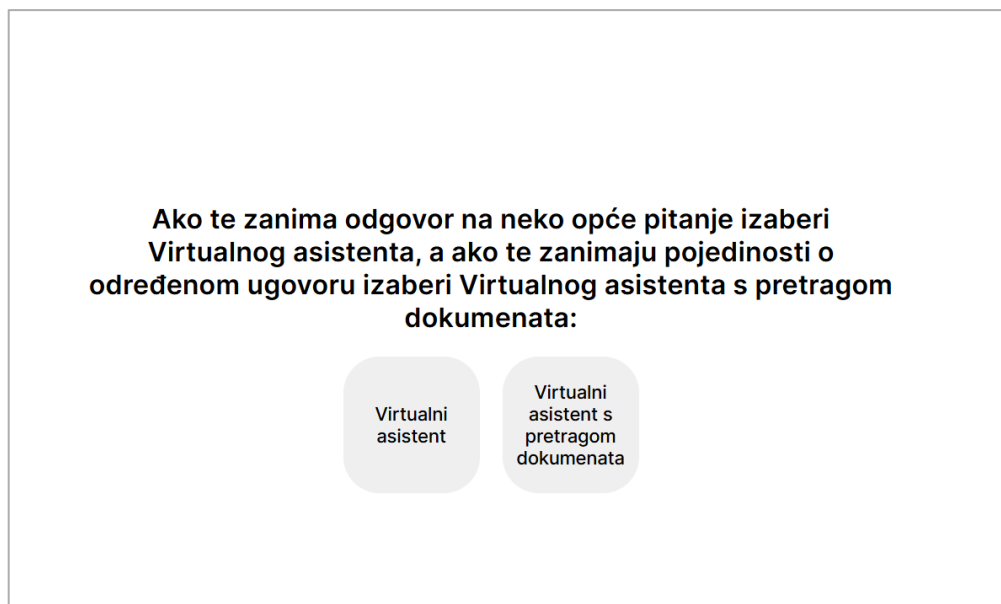
Slika 5.4 PK panel s grupiranim simbolima prema modificiranom Fitzgerald ključu

## 6. Implementacija izvedbenog modela

Prototip virtualnog asistenta za podršku korisničkim službama u telekomunikacijskim uslugama razvila je Lea Matković u sklopu diplomskog rada „Prototip pristupačnog virtualnog asistenta za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga“ kod mentorice prof.dr.sc. Željke Car u akademskoj godini 2023./2024.

Praktični dio ovog rada fokusira se na proširenje funkcionalnosti postojećeg asistenta kako bi se istražila mogućnost korištenja modela strojnog učenja u potpomognutoj komunikaciji. Prototip treba zadržati sve postojeće funkcionalnosti te dodatno implementirati panel za potpomognutu komunikaciju koji bi omogućio korisnicima komunikaciju simbolima s virtualnim asistentom.

Koliko je poznato autorici temeljem pretraživanja literature i izvora na webu, u trenutku pisanja rada ne postoji objavljeni virtualni asistent koji ima ugrađenu podršku za potpomognutu komunikaciju. Originalni razvijeni prototip asistenta ima dvije mogućnosti – virtualni asistent i virtualni asistent s pretragom dokumenata. Naslovna stranica virtualnog asistenta prikazana je na slici 6.1.



Slika 6.1 Naslovna stranica originalno razvijenog virtualnog asistenta



Panel je zbog jednostavnosti sučelja ugrađen u prvu verziju – klasični virtualni asistent. Glavna komponenta ovog rada je Chat komponenta, u koju je dogovorena ugradnja panela za potpomognutu komunikaciju. Stranice koje se koriste u prototipu su:

- Basic Chat Example
- Function Calling Example
- File Search Example
- Full-featured Example

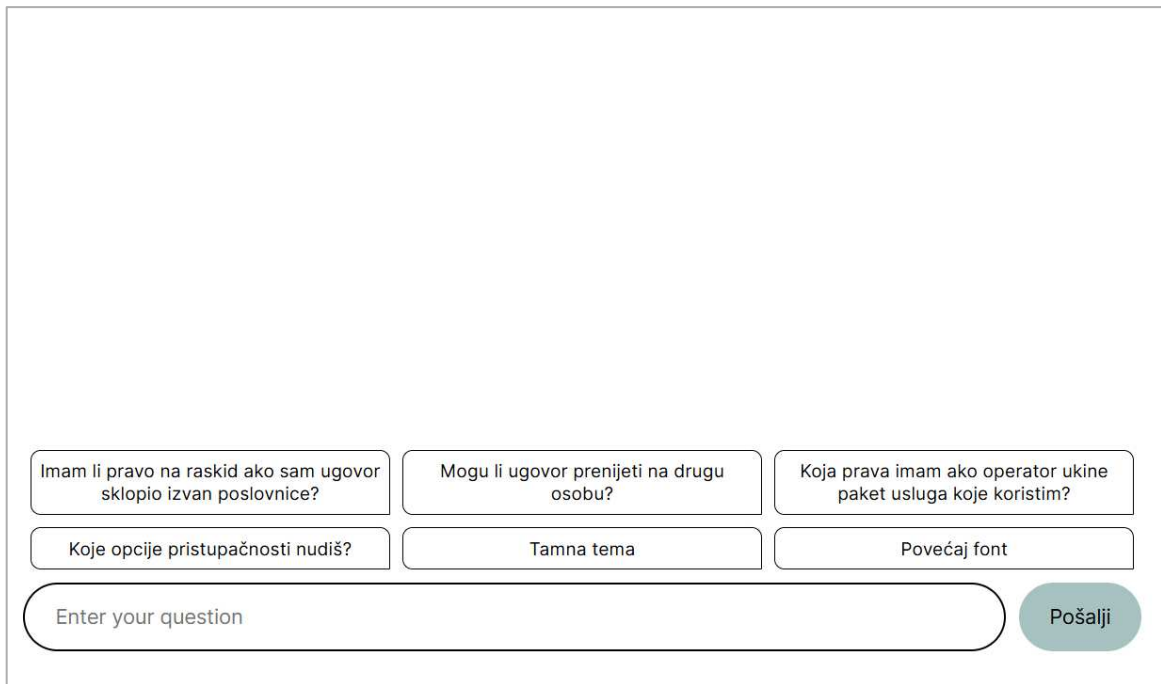
Sve stranice nalaze se u mapi `app/examples` u kodu prototipa virtualnog asistenta. Do njih je moguće doći navigacijom u sučelju prototipa.

Endpoints koji se koriste za dohvaćanje odgovora asistenta su sljedeći:

- ``api/assistants`` - ``POST`` - za kreiranje asistenta,
- ``api/assistants/threads`` - ``POST`` za kreiranje nove dretve,
- ``api/assistants/threads/{threadId}/messages`` - ``POST`` za slanje poruke asistentu,
- ``api/assistants/threads/{threadId}/actions`` - ``POST`` za informiranje asistenta o rezultatu zvanja funkcije te
- ``api/assistants/files`` - ``GET` / `POST` / `DELETE`` za dohvaćanje, prijenos i brisanje datoteka za pretragu dokumenata.

Kod za kreiranje asistenta i dretve, slanje poruke asistentu, informiranje asistenta te dohvaćanje i prijenos datoteka dostupan je u mapi `api/assistants` projekta prototipa virtualnog asistenta.

Chat komponenta virtualnog asistenta prikazana je na slici 6.2. Na slici je prikazan prostor za unos pitanja u tekstualnom obliku te brza pitanja iznad prostora za unos poput 'Mogu li ugovor prenijeti na drugu osobu?'



Slika 6.2 Prikaz glavne Chat komponente prototipa virtualnog asistenta

Model korišten za dohvaćanje odgovora razvila je tvrtka OpenAI<sup>24</sup>, a opisan je u radu [3] s naglaskom da je za potrebe ovog istraživanja korišten izlaz razvijenog prototipa i ručno unesen u novu verziju virtualnog asistenta kako bi se testirala funkcionalnost.

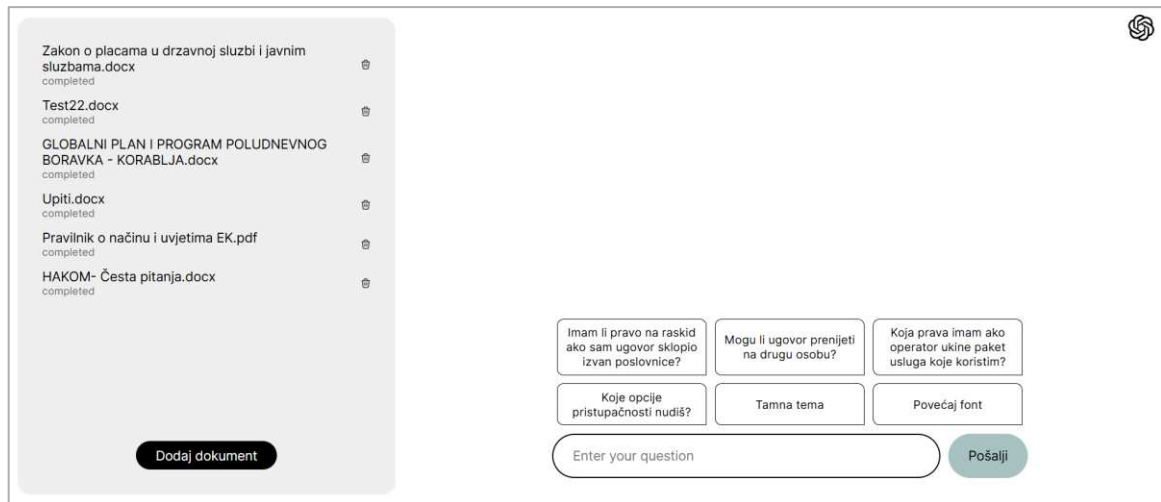
U slučaju produkcijske implementacije potrebno je dohvatiti ključ OpenAI modela i minimalno izmijeniti postojeći kod kako bi prototip virtualnog asistenta odgovarao na postavljena pitanja bez ručnog unosa odgovora.

Drugi dio postojećeg prototipa implementira pretragu dokumenata kao dodatni izvor iz kojeg asistent može odgovarati na pitanja. Panel za potpomognutu komunikaciju zbog vizualne jednostavnosti ugraditi će se samo u prvu verziju asistenta.

Asistent s omogućenom pretragom dokumenata prikazan je na slici 6.3.

---

<sup>24</sup> OpenAI, <https://openai.com/>



Slika 6.2 Prikaz Chat komponente s implementiranom pretragom dokumenata

U ovom radu razvijena je nova komponenta AACPanel koja je ugrađena u Chat komponentu. Istražena je i u suradnji sa stručnjacima logopedije s Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dogovorena pozicija panela na stranici kako bi se korisnicima olakšalo korištenje te pritom zadržalo sučelje klasičnog virtualnog asistenta. Panel sa simbolima postavljen je fiksirano ispod prostora za unos pitanja i omogućeno je otvaranje i zatvaranje panela kako bi se virtualni asistent mogao koristiti i u svom originalnom obliku.

Zadržana su brza pitanja iznad prostora za unos pitanja, ali omogućeno je i u nastavku rada objašnjeno skrivanje pitanja kako bi se proširio prostor za odgovor i osigurala preglednost. Dodan je i novi css kod u postojeće stilove i razvijen novi – aacPanel.module.css kako bi se sučelje prilagodilo dodanom panelu.

U prototipu virtualnog asistenta implementirane su i opcije pristupačnosti poput tamne i svijetle teme, povećavanja i smanjivanja fonta te promjene fonta koji su zadržane u nadograđenoj verziji.

Za implementaciju virtualnog asistenta koji komunicira sa simbolima potrebno je odabrati skup simbola, kreirati panel potpomognute komunikacije, simbole pohraniti u strukturu podataka koja mapira simbol i njegovu tekstualnu oznaku poput rječnika, omogućiti prikaz simbola u sučelju razgovora umjesto pitanja u tekstualnom obliku te poslati prototipu virtualnog asistenta tekstualnu verziju pitanja.

U ovom radu istraženo je i implementirano nekoliko verzija sučelja, počevši od isključivo tekstualnog, zatim prikazom pitanja u simbolima, odgovora samo u simbolima te hibridne verzije koja kombinira rečenice u tekstu i simbole. Detaljan opis implementacije nalazi se u poglavlju Razvijene funkcionalnosti.

## 6.1. Razvijene funkcionalnosti

Prvi korak u implementaciji bio je razvijanje PK panela. Definiran je tip podataka Pictogram, koji predstavlja simbol, njegovu tekstualnu oznaku, identifikator (id) i put do slike kao rječnik. Naknadno je dodan i atribut kategorija kako bi se mogla dinamički dodijeliti boja pozadine svakom piktogramu. Originalno je zamišljeno raditi s konačnim skupom simbola pa je u početnoj fazi baza simbola definirana kao lista piktograma koji pokazuju na simbole spremljene u mapi public/images među statičkim resursima.

Komponenta AACPanel ima vrijednosti stanja selectedImages i userInput, te njihove pripadne funkcije za ažuriranje setSelectedImages i setUserInput. Ove funkcije koriste useState (React hook koji se koristi za dodavanje varijable stanja u funkcijsku komponentu) za definiranje stanja i omogućuju praćenje trenutno odabranih simbola i teksta iz tekstualnog okvira za pitanja.

Sljedeća definirana funkcija je handlePictogramClick koja kao argument prima tip Pictogram, dodaje odabrani simbol u listu prethodnih te poziva funkciju onSelect s argumentima polja selectedImages, tekstualne oznake i zastavice jedan.

Funkcija removeLastSelectedImage poziva funkciju onSelect s poljem selectedImages, praznim stringom i zastavicom nula koja označava akciju brisanja. Funkcija onSelect definirana je kod tipa podataka AACPanelProps a koristi se za slanje podataka drugoj komponenti.

Komponenta panela vraća html kod u kojem su mapirani piktogrami iz statične baze simbola u obliku gumba koji sadrži simbol i njegovu tekstualnu oznaku. Ispod panela definiran je prostor za odabrane simbole i gumb ' ← Izbriši simbol' fiksiran na krajnju desnu stranu komponente i povezan s funkcijom removeLastSelectedImage. Komponenta je eksportirana da bi se mogla koristiti kasnije u kodu.

Postojeća Chat komponenta nadograđena je s novim funkcionalnostima. U atribut uloga tipa `messageProps` dodana je još jedna opcija „assistant\_text“. Definiran je i rječnik `categoryColors` koji mapira boje prema kategorijama riječi. Pitanje je označeno bijelom bojom, glagol bojom „9CF489“, pridjev bojom „#BDD0FF“, a imenica „#FAE390“.

Instanca `Message` proširena je tako da može primiti i skup piktoograma kao argument. Ovisno koja uloga je predana („user“, „assistant“, „assistant\_text“ ili „code“ pozivaju se komponente `UserMessage`, `AssistantMessage` i `CodeMessage`.

U Chat funkciji dodane su varijabla vrijednosti stanja `isAACOpen` koji omogućava prikazivanje i sakrivanje PK panela s obzirom na svoju vrijednost, varijabla vrijednosti stanja `showQuickQuestions` s istom funkcionalnošću za skrivanje brzih pitanja te varijabla vrijednosti stanja `selectedImages` kao i u `AACPanel` komponenti.

Dodan je i gumb za prikaz informacije o licenci i autoru piktoograma ARASAAC.

Implementirana je funkcija `handlePictogramSelect` koja kao argument prima listu tipa `Pictogram`, tekst te zastavicu jedan ili nula. Funkcija postavlja varijablu `selectedImages` na predanu listu piktoograma i mijenja tekstualnu verziju pitanja u ovisnosti o predanoj zastavici. Ako je predana nula, uklanja se zadnja riječ u tekstu, a ako je predana jedinica dodaje se tekst iz argumenta (oznaka zadnjeg odabranog simbola) na kraj teksta.

Funkcija `handleSubmit` izmijenjena je na način da resetira polje odabranih simbola, koristi funkciju `setMessages` kako bi se na kraj razgovora dodala trenutna poruka.

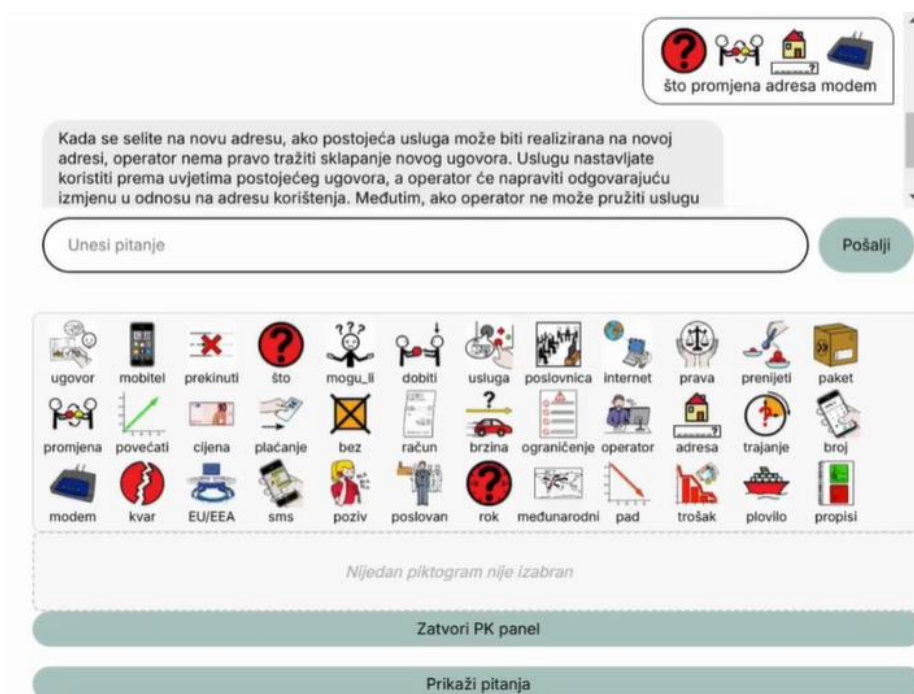
Razvijena je i funkcija `getAnswerFromTerminal` za ručno simuliranje odgovora modela, ali zaključno je da se ista funkcionalnost može postići i s promptom u prozoru koje je zatim implementirano kao odgovor na postavljeno pitanje. U funkciji `handleSubmit` provjeravaju se i obrađuju i zahtjevi za pristupačnost sučelja.

Na dnu sučelja dodana su dva gumba za skrivanje i prikazivanje panela i brzih pitanja kako bi se osigurala preglednost i vidljivost. Gumbi su povezani s pripadnim varijablama vrijednosti stanja koje se mijenjaju svakim klikom.

Originalno razvijena verzija prototipa virtualnog asistenta u razgovoru je primala samo tekstualni oblik pitanja i odgovora, a odabrani simboli prikazivali su se na posebnom panelu prije slanja pitanja.

U dogovoru sa stručnjacima logopedije zaključeno je da bi trebalo implementirati prikaz simbola korištenih u postavljenim pitanjima u razgovoru. Komponenta UserMessage i Chat proširene su kako bi se omogućio prikaz simbola i teksta u razgovoru.

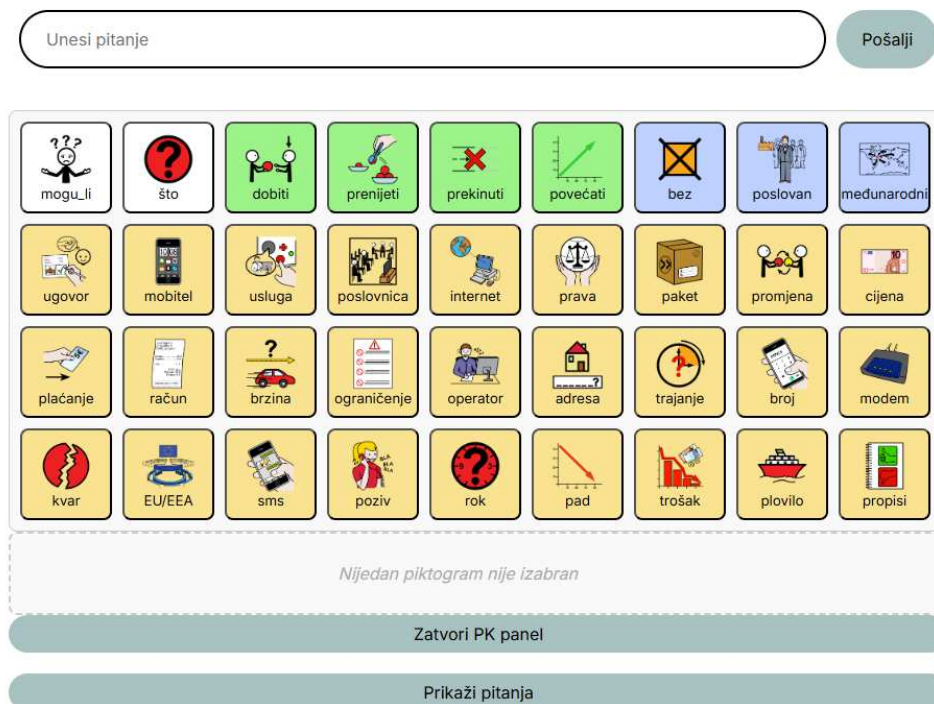
Prva verzija proširenog sučelja prototipa virtualnog asistenta prikazana je na slici 6.4.



Slika 6.3 Prva razvijena verzija virtualnog asistenta s panelom za potpomognutu komunikaciju

U dogovoru sa stručnjacima s logopedije zaključeno je da simboli moraju biti grupirani po kategorijama riječi i da treba promijeniti boju pozadine sukladno kategorijama. Boje za svaku kategoriju definirane su u rječniku categoryColors. Konačni izgled PK panela i razgovora definiran je na slici 6.5.

Mogu li ti kako pomoći sa postavkama pristupačnosti?

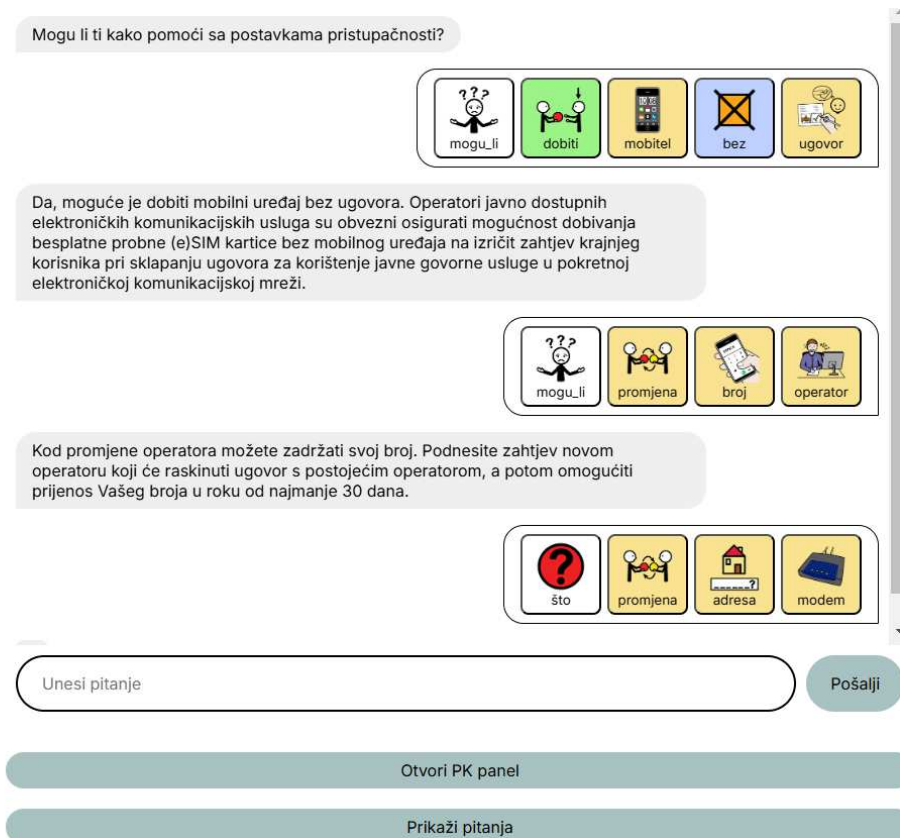


Slika 6.4 Konačni izgled PK panela i razgovora

Ista modifikacija napravljena je na simbolima prikazanima u razgovoru. Umjesto pitanja u tekstualnom obliku prikazan je niz odabranih simbola i njihove oznake.

Bilo je potrebno izmijeniti komponentu `UserMessage` na način da može primiti i polje simbola kao parametar te zatim mapirati i stilizirati piktograme koristeći `css` stilove `'userMessage'`, `'pictogramButton'` i `'pictogramButtonSelected'`.

Prikaz razgovora u ažuriranom obliku s pitanjem postavljenim simbolima umjesto tekstom nalazi se na slici 6.6.



Slika 6.5 Prikaz razgovora s pitanjima kao odabranim simbolima

Nastavkom istraživanja mogućnosti razvoja zaključeno je da se skup simbola treba proširiti s fiksnih 36 na skup svih simbola prevedenih na hrvatski jezik u bazi simbola ARASAAC. Ta funkcionalnost postignuta je spajanjem na bazu pomoću aplikacijskog programskog sučelja (Application Programming Interface, API).

Baza je preuzeta sa službene ARASAAC API<sup>25</sup> stranice u JSON formatu sa svim informacijama o simbolima. Korišten je drugi ponuđeni API sa službenih ARASAAC stranica koji filtrira simbole prema predanom argumentu jezika (language). Primjer jednog elementa baze u JSON obliku prikazan je na slici 6.7.

<sup>25</sup> ARASAAC API <https://beta.arasaac.org/developers/api>



```

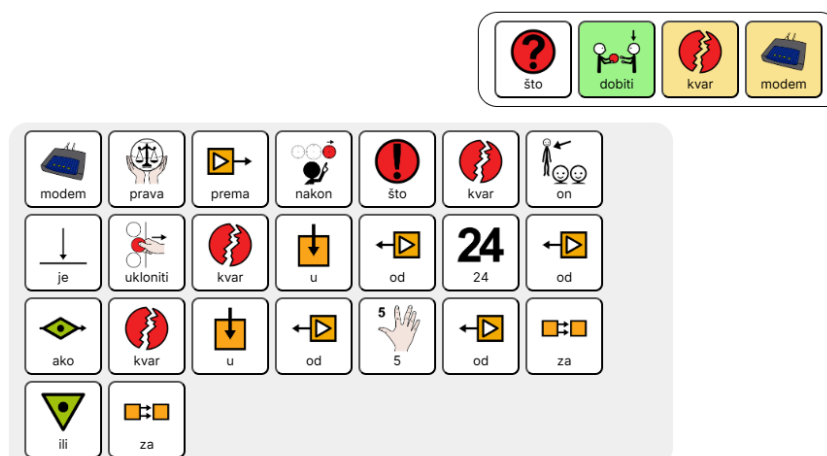
{
  "schematic": false,
  "sex": false,
  "violence": false,
  "aac": false,
  "aacColor": false,
  "skin": false,
  "hair": false,
  "downloads": 0,
  "categories": [
    "herbivorous",
    "insect",
    "oviparous",
    "flying animal",
    "apiculture",
    "domestic animal"
  ],
  "synsets": [
    "02209508-n"
  ],
  "tags": [
    "animal",
    "herbivorous",
    "invertebrate",
    "arthropod",
    "insect",
    "oviparous",
    "flying animal",
    "work",
    "primary sector",
    "apiculture",
    "domestic"
  ],
  "id": 2239,
  "created": "2007-12-11T21:59:56.000Z",
  "lastUpdated": "2021-04-23T09:54:55.675Z",
  "keywords": [
    {
      "type": 2,
      "keyword": "pčela",
      "hasLocation": false,
      "plural": "pčele"
    }
  ]
},

```

Slika 6.6 Primjer elementa u bazi preuzetog u JSON formatu

Napravljena je python skripta za ekstrakciju naziva simbola i identifikatora za svaki element. Podaci su mapirani oznaka : id i spremljeni u datoteku keywords.json. Datoteka se uključuje na početku datoteke koja sadrži glavnu komponentu Chat. Moguće je pristupiti svakom simbolu koji se nalazi u bazi preko api url-a: 'https://api.arasaac.org/v1/pictograms/\${pictogramId}?download=false' zamjenom tražene riječi njenim ID-jem.

Nakon proširenja baze simbola, isproban je inverz odgovora modela iz tekstualnog oblika u odgovor simbolima. Budući da su riječi u bazi mapirane u svom baznom obliku, invertiranje odgovora u simbol nije bilo moguće za svaku riječ u odgovoru. Prikaz invertiranog odgovora nalazi se na slici 6.8.



Slika 6.7 Prikaz odgovora direktno invertiranog u simbole

Zaključeno je da odgovor prikazan na ovaj način nije dovoljno razumljiv i otežava snalaženje u sučelju. Nedostaje dovoljno riječi koje nisu u osnovnom obliku i gubi se smisao rečenice.

Istraženi su načini na koje bi se svaka riječ mogla pretvoriti u svoju osnovnu formu (lema; npr. knjige – knjiga, trči – trčati). Podrška u Next.js za modele za lematizaciju nije se pokazala zadovoljavajućom. Odlučeno je koristiti python skriptu pokrenutu kao vlastiti poslužitelj koji prima rečenice i rastavlja svaku riječ na njenu osnovnu formu.

Isprobano je nekoliko modela za lematizaciju od kojih su najbolji rezultati postignuti koristeći biblioteku classla<sup>26</sup>. Classla je temeljena na projektu Stanza<sup>27</sup> i specificirana je za procesiranje slovenskog, hrvatskog, srpskog, makedonskog i bugarskog jezika. Koristi se pod licencom Apache License 2.0. Podržana je tokenizacija, razdvajanje rečenica, part-of-speech označavanje (lingvistički zadatak dodjeljivanja gramatičke kategorije svakoj riječi u danom tekstu), lematizacija, rasčlanjivanje ovisnosti (prepoznavanje odnosa među riječima) te prepoznavanje imenovanog entiteta (klasificiranje svakog otkrivenog entiteta u unaprijed definirane kategorije).

Stanza je paket u pythonu za obradu prirodnog jezika razvijen na Stanfordu. Pruža podršku za više od 70 jezika koristeći NLP modele. Classla je razvijena na CLARIN Knowledge Centre for South Slavic languages<sup>28</sup>. Razlikuje se od Stanze po preciznijoj tokenizaciji i segmentaciji rečenica koristeći jezično specifična pravila umjesto klasičnih Stanzinih modela strojnog učenja. Dodano je pred-obilježavanje i lematizacija za interpunkciju, simbole, e-mailove, URL-ove, oznake i emotikone. Podržan je i standardni i nestandardni oblik hrvatskog jezika.

U okviru diplomskog rada napravljena je python skripta koja učitava classla biblioteku, definira funkciju lemmatize koja prihvaća teksta kao argument, obrađuje tekst pomoću nlp funkcije te za svaku riječ definira pripadnu lemu (osnovni oblik riječi). U nlp funkciji specificirano je da se koristi hrvatski jezik atributom 'hr'.

---

<sup>26</sup> Classla, <https://pypi.org/project/classla/>

<sup>27</sup> Stanza, <https://github.com/stanfordnlp/stanza>

<sup>28</sup> CLARIN, <https://www.clarin.si/info/k-centre/>

Korišten je radni okvir FastAPI<sup>29</sup> za razvoj API usluga temeljenih na HTTP-u u python-u. FastAPI omogućava da se pomoću Next.js-a spojimo na poslužitelj na kojem se nalazi razvijena python skripta server.py. Bilo je potrebno dodati dopuštenja u obliku funkcije `add_middleware` kako bi frontend mogao komunicirati s backendom na drugom poslužitelju. U slučaju produkcije model je potrebno također ugraditi na poslužitelj ili ga zamijeniti s plaćenom API verzijom poput nekog od OpenAI modela.

U radu je također korišten web-poslužitelj Uvicorn<sup>30</sup> koji komunicira s FastAPI koristeći ASGI (Asynchronous Server Gateway Interface), standardni API za web usluge u pythonu. Uvicorn se koristi za jednostavnu ugradnju python modela za lematizaciju na poslužitelj i odrađuje mrežni dio komunikacije.

Proširena je funkcionalnost komponente `AssistantMessage` da podrži lematizaciju riječi. Razvijene su funkcije `fetchAndSetLemma` i `fetchLemma`. Obje funkcije su asinkrone i koristi se `await` kako bi se osiguralo da sučelje čeka odgovor modela prije prikaza odgovora u razgovoru. Funkcija `fetchLemma` šalje FastAPI-ju tekst pitanja koje je korisnik unio i čeka lematizirani odgovor modela. Vraća odgovor kao mapirane originalne riječi i njihove leme.

`FetchAndSetLemma` asinkrona je funkcija unutar `useEffect` (React hook koji omogućuje sinkronizaciju komponente s drugim vanjskim komponentama) koja postavlja vrijednost varijable `lemmatizedWords` na odgovor funkcije `fetchLemma`. U slučaju da model ne vrati ni jednu lematiziranu riječ odgovor se prikazuje u obliku teksta. Sve leme se zatim povezuju s bazom u datoteci `keywords.json` i u slučaju da su pronađene prikazuju se u odgovoru kao simbol.

Odgovor u simbolima nakon provedene lematizacije prikazan je na slici 6.9.

---

<sup>29</sup> FastAPI, <https://fastapi.tiangolo.com/>

<sup>30</sup> Uvicorn, <https://www.uvicorn.org/>

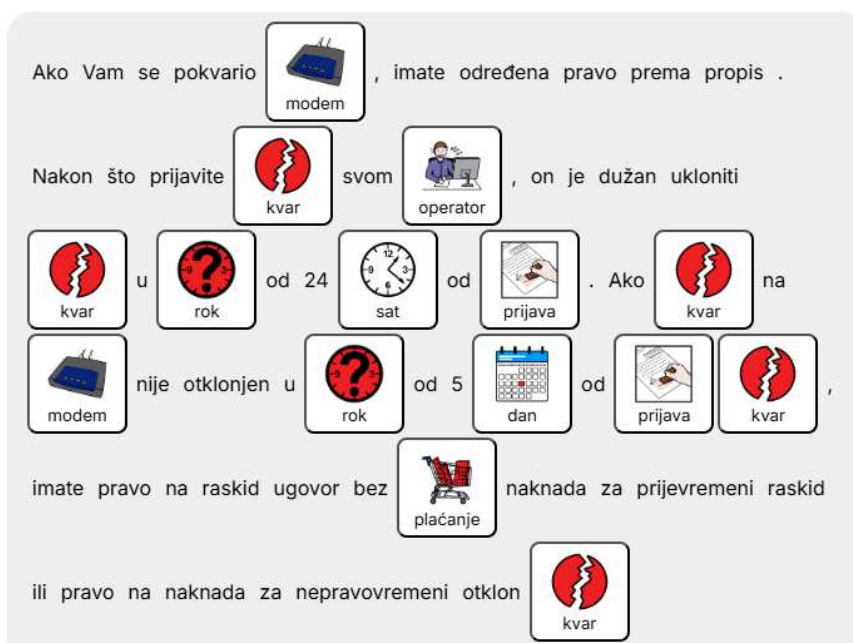
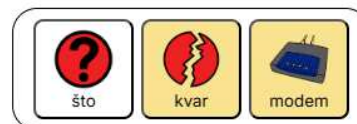


Slika 6.8 Prikaz odgovora u simbolima nakon lematizacije modelom Classla

Budući da nisu sve riječi prevedene i dostupne u bazi simbola, čak ni u svom baznom obliku, zaključeno je da za ovaj oblik odgovora nedostaju ključne riječi zbog kojih se gubi kontekst i smisao rečenice. Istražena je opcija hibridnog odgovora, tj. kombinacije prikaza imenica u simbolima a ostalih kategorija riječ tekstom.

Za implementaciju takvog pristupa bilo je potrebno modelom za obradu prirodnog jezika odrediti kategoriju svake riječi. Classla također ima podršku za part-of-speech označavanje koja koristeći obradu prirodnog jezika dodjeljuje svakoj riječi pripadnu kategoriju (npr. imenica, glagol, pridjev...).

Proširena je python skripta server.py tako da osim leme vraća i oznaku kategorije riječi. Promijenjene su i funkcija fetchLemma te komponenta AssistantMessage kako bi obradile i oznaku riječi kod mapiranja. U prikazu odgovora provjerava se je li riječ imenica i postoji li u bazi simbola. Ako zadovoljava uvjete prikazuje se u obliku simbola, inače se prikazuje riječ u tekstualnom obliku. Na taj način zadržava se cjelovitost i smisao odgovora, a dio riječi prikazan je simbolom. Na slici 6.10. prikazan je primjer hibridnog odgovora modela u razgovoru.

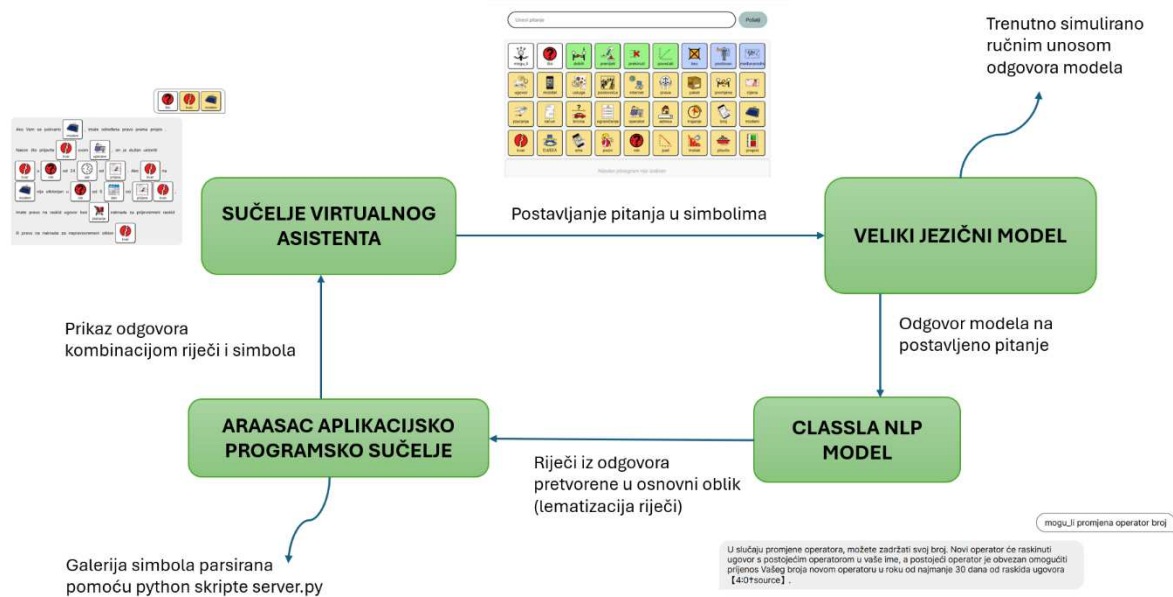


Slika 6.9 Prikaz hibridnog odgovora nakon obrade teksta

Zaključeno je da ovaj oblik odgovora razumljiv i pregledan korisnicima i zadržan je kao posljednja verzija implementacije. U kodu su ostavljene i ostale verzije kako bi se zadržala mogućnost promjene načina prikaza odgovora u budućnosti.

U članku [19] navodi se podjela potpomognute komunikacije na ne-tehnološku, nisko-tehnološku te visokotehnološku. Prototip razvijen u okviru diplomskog rada predstavlja primjer visokotehnološke softverske asistivne tehnologije.

Na slici 6.11. prikazan je rad prototipa virtualnog asistenta sa svim njegovim komponentama (sučelje prototipa virtualnog asistenta, veliki jezični model, classa model za obradu prirodnog jezika te ARASAAC aplikacijsko programsko sučelje). Objašnjena je i funkcija svake komponente te prikazani koraci slikovnim primjerom.



Slika 6.10 Prikaz rada virtualnog asistenta sa svim komponentama

## 6.2. Korištene tehnologije

U ovom radu korištene su tehnologije Next.js, Python, FastAPI, Uvicorn te Classla. Next.js<sup>31</sup> je okvir za web razvoj otvorenog koda koji je razvila tvrtka Vercel<sup>32</sup>. Verzija Next.js koja se koristi u ovom radu je 14.1.4.

Za testiranje funkcionalnosti potrebno je pozicionirati se u korijen projekta, pokrenuti `npm install` (Node Package Manager, NPM; koristi se za upravljanje paketima i ovisnostima projekta) za instaliranje ovisnosti projekta u mapi `node_modules` te pokrenuti projekt s naredbom `npm run dev`. Za produkciju bi bilo potrebno dohvatiti OpenAI ključ i pokrenuti projekt kako je opisano u diplomskom radu [3] te zamijeniti u kodu `prompt` u prozoru za unos odgovora s funkcijom za dohvaćanje odgovora modela.

Python verzija korištena u radu je 3.9.5. Classla verzija je 2.1.1., a za korištenje je potrebno pomoću `pip` upravitelja softverskim paketima u pythonu napraviti `pip install classla` te `classla.download('hr')` koji sprema hrvatski model u defaultni folder

<sup>31</sup> <https://nextjs.org/>

<sup>32</sup> <https://vercel.com/>

classla\_resources. Za korištenje FastAPI te Uvicorn potrebno je napraviti pip install fastapi uvicorn koji instalira sve potrebne ovisnosti.

Za testiranje modela koristi se naredba uvicorn server:app --host 0.0.0.0 --port 8000 gdje server označava ime python skripte a 8000 lokaciju ugradnje modela.

Nakon pokretanja svih komponenti moguće je testiranje funkcionalnosti modela.

### 6.3. Analiza pitanja postavljenih simbolima i odgovora modela

Za dohvaćanje odgovora prototipa virtualnog asistenta i simuliranje razgovora korišten je prethodno razvijeni prototip virtualnog asistenta [3]. Virtualnom asistentu su predane odabrane oznake simbola u istom obliku kao u nadograđenoj verziji kako bi se testirala mogućnost odgovora modela na pitanje koje nije potpuno gramatički ispravno. Virtualni asistent je pokazao odlično razumijevanje i na svako postavljeno pitanje odgovorio kao da su sintaksa i gramatika potpuno ispravne. U nastavku je prikaz nekoliko pitanja postavljenih koristeći tekstualne oznake simbola (npr. 'što kvar modem') i odgovor virtualnog asistenta na njih.

*operator pad brzina internet mogu li prekinuti ugovor:*

*Ako operator nije uspio otkloniti pad brzine interneta u roku od 15 dana od prijave kvara, imate pravo na raskid ugovora bez plaćanja naknade za prijevremeni raskid ili pravo na naknadu za nepravovremeni otklon kvara u iznosu od 30,00 eura po danu za svaki započeti dan kašnjenja do otklona kvara. Nakon 45 dana od prijave kvara, bez obzira na isplaćenu naknadu, imate pravo na raskid ugovora bez naknade **[8:0†source]***

*što kvar modem:*

*Ako vam se pokvari modem, imate pravo prijaviti kvar svom operatoru, a ako kvar na modemima nije otklonjen u roku od 5 dana od prijave kvara, imate pravo na raskid*

*ugovora bez plaćanja naknade za prijevremeni raskid ili pravo na naknadu za svaki započeti dan kašnjenja do otklona kvara 【12:1†source】*

*mogu li dobiti mobitel bez ugovor:*

*Možete dobiti mobitel bez ugovora ako se radi o javno dostupnim elektroničkim komunikacijskim uslugama u pokretnim elektroničkim komunikacijskim mrežama. U slučaju sklapanja ugovora za korištenje javne govorne usluge, operator je obvezan osigurati mogućnost dobivanja besplatne probne (e)SIM kartice, bez mobilnog uređaja, na izričit zahtjev krajnjeg korisnika 【16:0†source】*

*što promjena broj operator:*

*Promjena operatora uključuje proceduru podnošenja zahtjeva novom operatoru za promjenu operatora, koji također uključuje prijenos broja. Novi operator će obavijestiti podnositelja zahtjeva o postupku promjene operatora, vremenskom okviru promjene operatora, razlozima odgode, pravima na naknadu za nepravovremenu promjenu operatora te mogućim izmjena u slučaju selidbe na novu adresu 【4:1†source】*

Analizom postavljenih pitanja i dobivenih odgovora zaključeno je da prototip virtualnog asistenta može uspješno odgovarati na pitanja postavljena simbolima.



## 7. Daljnji razvoj

Daljnji razvoj prototipa virtualnog asistenta može se fokusirati na istraživanje mogućnosti proširenja početnog sučelja za odabir simbola novim simbolima. Prijedlog nastavka rada je implementacija nekoliko panela sa simbolima koji bi se povlačili iz postojeće baze i automatski kategorizirali pomoću razvijene funkcije s classlom kako bi imali prikladnu boju pozadine. Moguće je implementirati i dinamičko dodavanje simbola koje bi mogli dodavati osobe asistenti u komunikaciji prema obrascima prethodnih korištenja korisnika.

Također, budući da je ovaj provjera inovativnog koncepta (proof-of-concept, PoC) u produkcijskoj implementaciji potrebno je povezati sučelje na Large Language Model poput OpenAI modela koji je korišten za testiranje funkcionalnosti u ovom projektu.

Daljnji razvoj također može podrazumijevati širenje postojeće baze simbola, bilo u vidu prevođenja dodatnih simbola baze ARASAAC ili proširenjem baze sa simbolima iz drugih baza s podrškom za hrvatski jezik.

Područje umjetne inteligencije stalno evoluirala, pa je potrebno pratiti inovacije i biti u toku s tehnologijama kako bi se mogle iskoristiti kao pomoć u potpomognutoj komunikaciji. Generativna umjetna inteligencija može se koristiti i u generiranju novih simbola i njihovih oznaka te kao pomoć osobama s teškoćama u komunikaciji pri učenju simbola i njihovog značenja. Generativna umjetna inteligencija može kreirati jedinstvene i personalizirane simbole temeljene na opisnom tekstu korisnika.

## Zaključak

U ovom radu istražena je primjena umjetne inteligencije u potpomognutoj komunikaciji. Istaknuti su radovi koji koriste modele strojnog učenja i obrade prirodnog jezika kao alat za poboljšanje korisničkog iskustva u potpomognutoj komunikaciji. Naglasak u prethodnim radovima stavljen je na modele za predikciju sljedećeg simbola koristeći statističke odnose i modele zasnovane na Transformer arhitekturi.

Istražene su najpoznatije galerije simbola i odabrana je galerija simbola ARASAAC. Praktični dio rada bavi se razvojem proof-of-concept virtualnog asistenta koji komunicira simbolima za korisničku podršku u području telekomunikacijskih usluga. Razvijen je panel za potpomognutu komunikaciju i analizom najčešćih pitanja na stranicama HAKOM-a odabrani su za panel simboli za potpomognutu komunikaciju, a zatim je panel ugrađen u sučelje postojećeg prototipa pristupačnog virtualnog asistenta temeljenog na Large Language Modelu.

Istraženo je i implementirano nekoliko načina prikaza odgovora. Upotrijebljeni su modeli za obradu prirodnog jezika kako bi se odgovor u tekstu lematizirao na osnovni oblik te povezao sa pripadnim simbolom. Razvijene su komponente koje prikazuju odgovor modela u formatu teksta, odgovor izražen samo simbolima te odgovor u hibridnom načinu koji kombinira prikaz teksta i simbola.

Preporuka za daljnji razvoj je proširenje skupa simbola u galeriji, proširenje skupa simbola za odabir simbola na sučelju koristeći postojeći API za bazu te spajanje sučelja na Large Language Model poput modela koje razvija OpenAI, a koji je korišten za testiranje funkcionalnosti u ovom radu.

Umjetna inteligencija stalno napreduje, potrebno je pratiti razvoj i iskoristiti inovacije za poboljšanje potpomognute komunikacije. Napretkom generativne i agentske umjetne inteligencije sve više poslova, pa tako i u komunikaciji osoba s teškoćama u komunikaciji moći će se automatizirati i poboljšati.

## Literatura

- [1] Rain.ICT-AAC, *Izgradnja nacionalnih kapaciteta za primjenu potpomognute komunikacije kao metode rane intervencije za djecu od 0-8 godina s razvojnim odstupanjima/teškoćama*, Poveznica: <http://rain.ict-aac.hr/potpomognuta-komunikacija/>; pristupljeno 15.11.2024.
- [2] HAKOM, *Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti*, (2020), Poveznica: <https://www.hakom.hr/hr/o-nama/22>; pristupljeno 29.11.2024.
- [3] L. Djaković, *Prototip pristupačnog virtualnog asistenta za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2024.
- [4] Unicef, *Besplatna aplikacija Cboard AAC za djecu sa složenim komunikacijskim teškoćama*, Poveznica: <https://www.unicef.org/croatia/besplatna-aplikacija-cboard-aac-za-djecu-sa-slozenim-komunikacijskim-teskocama>; pristupljeno 4.11.2024.
- [5] *AAC: Augmentative and Alternative Communication*, Exaly, Poveznica: <https://exaly.com/journal/22386/aac-augmentative-and-alternative-communication>; pristupljeno: 24.11.2024.
- [6] S. C. Sennott, L. Akagi, M. Lee, A. Rhodes, *AAC and Artificial Intelligence (AI)*, *Topics in Language Disorders* 39(4):p 389-403, October/December 2019.
- [7] S. Russell, P. Norvig, 2009, *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd. ed.). Prentice Hall Press, USA
- [8] Napper S, Robey B, & McAfee P (1989). An expert system for use in the prescription of electronic augmentative and alternative communication devices. *Augmentative and Alternative Communication*, 5(2), 128–136. 10.1080/07434618912331275116
- [9] M.A. Boden, 2018, *Artificial Intelligence: A Very Short Introduction*, Oxford University Press, 0191821446, 9780191821448
- [10] Dudy, S., & Bedrick, S. (2018). *Compositional Language Modeling for Icon Based Augmentative and Alternative Communication*. Association for Computational Linguistics. Meeting, 2018, 25–32. Poveznica: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33935351> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8087438/>. doi:doi: 10.18653/v1/w18-3404
- [11] J. A. Pereira, J. A. Pereira, C. Zanchettin, R.N. Fidalgo, *PrAACT: Predictive Augmentative and Alternative Communication with Transformers*, *Expert Systems with Applications*, Volume 240,(2024), 122417, ISSN 0957-4174
- [12] J. Devlin, M. Chang, K. Lee, K. Toutanova. *Bert: Pretraining of deep bidirectional transformers for language understanding*, 2019.

- [13] Keith Vertanen and Per Ola Kristensson. The Imagination of Crowds: Conversational AAC Language Modeling using Crowdsourcing and Large Data Sources. In *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. ACL: 700-711, 2011.
- [14] MacWhinney, B., Snow, C. (1990). *The Child Language Data Exchange System: An update*. *Journal of Child Language*, 17, 457-472.
- [15] R. Nordquist, 2019, *Telegraphic Speech*, ThoughtCo. Poveznica: <https://www.thoughtco.com/telegraphic-speech-1692458>; pristupljeno 15.1.2025.
- [16] J. A. Pereira, D. Macêdo, C. Zanchettin, A. L. Inácio de Oliveira, R. do Nascimento Fidalgo, *PictoBERT: Transformers for next pictogram prediction*, *Expert Systems with Applications*, Volume 202, 2022, 117231, ISSN 0957-4174, Poveznica: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117231>
- [17] Aula abierta ARASAAC, AsTeRICS Grid Dynamic Communicator, Poveznica: [https://aulaabierta.arasaac.org/en/asterics-grid\\_introduction](https://aulaabierta.arasaac.org/en/asterics-grid_introduction); pristupljeno: 10.1.2025.
- [18] J. J. Thistle, K. Wilkinson (2009). *The Effects of Color Cues on Typically Developing Preschoolers' Speed of Locating a Target Line Drawing: Implications for Augmentative and Alternative Communication Display Design*, *American Journal of Speech-Language Pathology*, 231-240, 10.1044/1058-0360(2009/08-0029)
- [19] American Speech-Language-Hearing Association (n.d.). *Augmentative and alternative communication* Poveznica: [https://www.asha.org/public/speech/disorders/aac/?srsltid=AfmBOordMxsZU7UjI\\_ghxS8Zpc7g19OhrJcXaroQZEZiLwLgw2jCyt6](https://www.asha.org/public/speech/disorders/aac/?srsltid=AfmBOordMxsZU7UjI_ghxS8Zpc7g19OhrJcXaroQZEZiLwLgw2jCyt6). Pristupljeno: 12.11.2024.

## Sažetak

**Naslov:** Model primjene potpomognute komunikacije s virtualnim asistentom za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga

**Sažetak:**

Potpomognuta komunikacija je skup metoda i tehnika kojima se poboljšavaju komunikacijske vještine pojedinca s ciljem postizanja funkcionalne i učinkovite komunikacije. Virtualni asistenti za podršku korisničkoj službi u području telekomunikacijskih usluga su programska rješenja koja imaju cilj olakšati komunikaciju s korisnicima. U ovom radu istražen je pregled radova na temu primjene modela strojnog učenja u potpomognutoj komunikaciji, te mogućnost primjene potpomognute komunikacije u sučelju studijskog primjera prototipa virtualnog asistenta kako bi se implementirala načela univerzalnog dizajna i kako bi ovaj i slični prototipovi virtualnih asistenata bili pristupačni svim korisnicima. Odabrana je galerija simbola, implementiran panel za odabir simbola u sučelje postojećeg prototipa virtualnog asistenta te su primijenjeni modeli za obradu prirodnog jezika koji se koriste za lematizaciju riječi u odgovoru virtualnog asistenta i part-of-speech označavanje.

**Ključne riječi:** potpomognuta komunikacija, virtualni asistenti, univerzalni dizajn, pristupačnost, galerija simbola, modeli strojnog učenja, obrada prirodnog jezika, asistivna tehnologija

# Summary

**Title:** Model for Augmentative and Alternative Communication Application with a Virtual Assistant for Customer Support in Telecommunications Services

**Summary:**

Augmentative and Alternative Communication (AAC) is a set of methods and techniques aimed at improving an individual's communication skills to achieve functional and effective communication. Virtual assistants for customer service support in the telecommunications sector are software solutions designed to facilitate communication with users.

This paper explores existing research on the application of machine learning models in AAC and examines the potential implementation of AAC within the interface of a prototype virtual assistant. The goal is to integrate the principles of universal design, ensuring that this and similar virtual assistant prototypes are accessible to all users.

A symbol gallery was selected, and a symbol selection panel was implemented into the interface of an existing virtual assistant prototype. Additionally, natural language processing models were applied for word lemmatization in the virtual assistant's responses and part-of-speech tagging.

**Keywords:** augmentative and alternative communication, virtual assistants, universal design, accessibility, symbol gallery, machine learning models, natural language processing, assistive technology

## Skraćenice

AAC	<i>Augmentative and Alternative Communication</i>	
PK	<i>Potpomognuta Komunikacija</i>	
NLP	<i>Natural Language Processing</i>	obrada prirodnog jezika
HAKOM	<i>Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti</i>	
SGD	<i>Speech Generating Devices</i>	komunikacijski uređaji s glasovnim izlazom
BCI	<i>Brain-Computer Interface</i>	sučelje između ljudskog mozga i računala
API	<i>Application Programming Interface</i>	aplikacijsko programsko sučelje
LLM	<i>Large Language Model</i>	veliki jezični model
AI	<i>Artificial Intelligence</i>	umjetna inteligencija
RNN	<i>Recurrent Neural Network</i>	povratna neuronska mreža
LSTM	<i>Long short-term Memory</i>	dugotrajna kratkotrajna memorija
PrAACT	<i>Predictive Augmentative and Alternative Communication with Transformers,</i>	Prediktivna potpomognuta komunikacija s Transformerima
ARAASAC	<i>Aragonese Center of Augmentative and Alternative Communication</i>	
GPT	<i>Generative Pre-trained Transformers</i>	
BERT	<i>Bidirectional Encoder Representations from Transformers</i>	
MLM	<i>Masked Language Modeling</i>	modeliranje maskiranog jezika
CHILDES	<i>The Child Language Data Exchange System</i>	
POS	<i>Part-of-Speech</i>	dodjeljivanje gramatičke kategorije riječima u rečenici
PCS	<i>Picture Communication Symbols</i>	
NPM	<i>Node Package Manager</i>	
PoC	<i>Proof-of-Concept</i>	provjera inovativnog koncepta