

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO

Jan Pelicon

**Primerjava pristopov za učenje novih
pojmov slovenskega znakovnega jezika**

MAGISTRSKO DELO
MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE
MULTIMEDIJA

MENTOR: prof. dr. Matevž Pogačnik
SOMENTOR: as. Klemen Pečnik

Ljubljana, 2023

To delo je ponujeno pod licenco *Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija* (ali novejšo različico). To pomeni, da se tako besedilo, slike, grafi in druge sestavnine dela kot tudi rezultati magistrskega dela lahko prosto distribuirajo, reproducirajo, uporabljajo, priobčujejo javnosti in predelujojo, pod pogojem, da se jasno in vidno navede avtorja in naslov tega dela in da se v primeru spremembe, preoblikovanja ali uporabe tega dela v svojem delu, lahko distribuira predelava le pod licenco, ki je enaka tej. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani creativecommons.si ali na Inštitutu za intelektualno lastnino, Streliška 1, 1000 Ljubljana.



Izvorna koda magistrskega dela, njeni rezultati in v ta namen razvita programska oprema je ponujena pod licenco GNU General Public License, različica 3 (ali novejša). To pomeni, da se lahko prosto distribuira in/ali predeluje pod njenimi pogoji. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani <http://www.gnu.org/licenses/>.

ZAHVALA

Hvala mentorju prof. dr. Matevžu Pogačniku, som mentorju as. Klemnu Pečniku in as. Žani Juvan za vso pomoč, podporo in spodbudo pri izdelavi magistrske naloge. Zahvaljujem se tudi vsem sošolcem in ostalim profesorjem ter asistentom, ki so me spremljali na študijski poti.

Hvala Boštjanu Jerku in Lauri Golčar za tolmačenje, sodelovanje, nasvete in komentarje.

Hvala Tanji Potočnik Hönigsman, ki je pomagala pri organizaciji testiranja in vsem, ki so pri tem sodelovali ter si vzeli čas.

Prav tako hvala družini, prijateljem in najblizjim.

Jan Pelicon, 2023

Vsem, ki nimajo sreče:

"Verjetnost je vedno 50-50."

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Slušna prizadetost	5
2.1	Gluhe osebe	6
2.2	Naglušne osebe	7
3	Znakovni jezik	9
3.1	Zgodovina znakovnih jezikov	10
3.2	Sistemi notacije	11
3.3	Učenje znakovnega jezika	12
4	Zagotavljanje dostopnosti	13
4.1	Dostopnost v svetu	14
4.2	Dostopnost na spletu	15
4.3	Dostopnost v Sloveniji	16
5	Pregled področja tehnoloških pripomočkov za znakovni jezik	19
5.1	Obstoječe rešitve z animiranim kretalcem	19
6	Slovar znakovnega jezika z animiranim avatarjem	27
6.1	Pomanjkljivosti obstoječih slovarjev	28

KAZALO

6.2	Prednosti slovarja z animiranim 3D avatarjem	30
7	3D avatar in animiranje	33
7.1	3D model	34
7.2	Pristopi pri animiranju	37
8	Uporabniški vmesnik slovarja	47
8.1	Funkcionalnosti slovarja	47
8.2	Scena	53
9	Merjenje uporabniške izkušnje	63
9.1	Potek testiranja	64
9.2	Rezultati testiranja	66
10	Zaključek	71

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
3D	Three Dimensional	Tridimenzionalen
API	Application Programming Interface	Aplikacijski vmesnik
AR	Augmented Reality	Obogatena resničnost
ASL	American Sign Language	Ameriški znakovni jezik
BDSF	Bidirectional Scattering Distribution Function	Dvosmerna razprševalna porazdelitvena funkcija
BSL	British Sign Language	Angleški znakovni jezik
CRPD	Convention on the Rights of Persons with Disabilities	Mednarodna konvencija o pravicah invalidov
CSS	Cascading Style Sheets	Kaskadne stilske podlage
dB	Decibel	Decibel
EAA	European Accessibility Act	Evropski akt o dostopnosti
HD	High Definition	Visoka ločljivost
HTML	Hyper Text Markup Language	Jezik za označevanje nadbesedila
Hz	Hertz	Herc
LSB	Brazilian Sign Language	Brazilski znakovni jezik
MoCap	Motion Capture	Zajem gibanja
NLA	Non-Linear Animation	Nelinearna animacija
SD	Standard Definition	Standardna ločljivost

kratica	angleško	slovensko
SSKJ	Dictionary of Slovenian Literary Language	Slovar slovenskega knjižnega jezika
SZJ	Slovenian Sign Language	Slovenski znakovni jezik
UI	User Interface	Uporabniški vmesnik
VR	Virtual reality	Navidezna resničnost
W3C	World Wide Web Consortium	Ogranizacija za standarde svetovnega spletja
WAI	Web Accessibility Initiative	Iniciativa za spletno dostopnost
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines	Smernice za dostopnost spletnih vsebin
WFD	World Federation of the Deaf	Svetovna zveza gluhih
WHO	World Health Organization	Svetovna zdravstvena organizacija
WWW	World Wide Web	Svetovni splet
ZDGNS	Association of the Deaf and Hard of Hearing Societies of Slovenia	Zveza društev gluhih in naglušnih Slovenije
ZDSMA	Website and Mobile Application Accessibility Act	Zakon o dostopnosti spletišč in mobilnih aplikacij

Povzetek

Naslov: Primerjava pristopov za učenje novih pojmov slovenskega znakovnega jezika

Zaradi naraščajočih zahtev po večji vključenosti je potrebno iskati rešitve, ki bodo invalidom omogočale enakovredno udejstvovanje v javnem življenju. Sposobnost izražanja skupine gluhih je močno povezana z razumevanjem, poznavanjem in razširjenostjo znakovnega jezika. V Sloveniji imajo gluhi na voljo spletni video slovar, ki jim lahko pomaga pri učenju slovenskega znakovnega jezika. V magistrskem delu je predstavljena implementacija prototipa naprednega slovarja slovenskega znakovnega jezika s 3D animiranim avatarjem in njegova evalvacija na osnovi omejenega nabora poznanih kretanj. Takšna oblika slovarja, v primerjavi s klasičnim video slovarjem, ponuja dodatne funkcionalnosti, ki omogočajo boljšo uporabniško izkušnjo in bolj učinkovit način učenja znakovnega jezika. Pri izdelavi smo v okolju Blender uporabili 3D model, za katerega smo izdelali animacije za kretanje rok in obrazne mimike. Uporabniški vmesnik slovarja je bil izdelan v okolju Unity. Slovar je bil testiran s sodelovanjem skupine gluhih, ki dobro poznajo slovenski znakovni jezik. Rezultati testiranja so potrdili, da je slovar z animiranim avatarjem uporabna in zaželjena rešitev. Udeleženci so izrazili željo, da bi ta rešitev postala širše dostopna. Slovar je v prihodnosti mogoče nadgraditi z dodatnimi funkcionalnostmi in personalizacijo avatarja.

Ključne besede

znamkovni jezik, slovar, 3D avatar, uporabniški vmesnik, animacija, Unity, Blender

Abstract

Title: Comparison of approaches for learning new terms of slovenian sign language

Due to increased requirements for the inclusion of all people, it is necessary to search for solutions that will help disabled individuals bring equal rights for using public services. For deaf individuals, the ability to express themselves is strongly linked to the understanding, familiarity, and prevalence of sign language. The deaf community in Slovenia can use a web video dictionary which can be used for learning sign language. In this master's thesis, we present the implementation of a new prototype of a Slovenian sign language dictionary with a 3D animated avatar for sign language, along with its evaluation based on a limited set of known gestures. Compared to a classical video dictionary, this form offers more functionalities, can improve the user experience, and increase the quality of learning sign language. We used Blender to create animated gestures of hands and facial expressions for the 3D model. The user interface was created in Unity. The dictionary was tested in collaboration with a group of deaf individuals who are fluent in Slovenian sign language. The test results confirmed the usefulness and desirability of a dictionary with an animated avatar. Participants expressed a desire to see this solution available for wider use. In the future, it is possible to further improve this kind of dictionary with more functions and personalization of the avatar.

Keywords

*sign language, dictionary, 3D avatar, user interface, animation, Unity,
Blender*

Poglavlje 1

Uvod

Razvoj in digitalizacija sta omogočila, da so digitalne tehnologije, storitve in vsebine postale vse bolj dostopne in razširjene za obstoječe in nove uporabnike. Prav teh je namreč z vsakim letom več, kar povečuje povpraševanje po različnih oblikah digitalnih tehnologij in posledično pogonja razvoj. Uporabniki s časom postajajo bolj raznoliki, prihajajo iz različnih kultur, geografskih predelov ter imajo različne navade in sposobnosti. To predstavlja izziv ponudnikom digitalnih storitev, da zadovoljijo in omogočajo dostopnost svojih storitev čim večjemu številu uporabnikov. V obdobju od leta 2000 do danes je število uporabnikov interneta naraslo za 5 milijard, kar sedaj predstavlja skoraj 70 odstotkov svetovne populacije [1, 2].

Nezanemarljiv delež vseh uporabnikov predstavlja tudi ljudje s posebnimi potrebami in različnimi oblikami oviranosti. Po podatkih WHO [3] (ang. World Health Organization) iz marca 2023 ima 1.3 milijarde ljudi eno izmed oblik oviranosti, kar predstavlja 16 odstotkov svetovne populacije. Ljudje, ki izhajajo iz te skupine, npr. slepi in gluhi, imajo lahko otežen dostop ali pa sploh ne morejo dostopati do temeljnih storitev, kot so obisk zdravnika, nakupa osnovnih življenjskih potrebščin itd. Poleg tega so pogosto diskriminirani ali izključeni iz procesa šolanja, zaposlovanja. Zato je cilj družbe izboljšati trenutno stanje z razvojem področja dostopnosti (ang. accessibility). S širjenjem digitalnih storitev v javnem sektorju je uporaba le-teh

postala obvezna in nujna, kar pomeni, da morajo te storitve postati toliko bolj dostopne.

Dostopnost spodbujajo tudi zakoni in pravila, ki smo jih sprejeli in uveljavili skozi čas. Sami začetki segajo v leto 1948 s sprejetjem zakona, ki opredeljuje izobrazbo kot temeljno človekovo pravico, ne glede na njegove fizične, kognitivne ali senzorne sposobnosti. Leta 2006 se je ta sklep razširil tudi na ljudi s posebnimi potrebami. Prve smernice za prilagoditev spletnih strani, ki jih je določila delovna skupina za spletno dostopnost (WAI), so nastale leta 1999 in se sproti nadgrajujejo. Pomemben je tudi evropski akt o dostopnosti, predlagan leta 2011 [4], ter slovenski zakon o dostopnosti spletišč in mobilnih aplikacij (ZDSMA), ki je bil sprejet aprila 2018 [5].

ZDSMA se nanaša na vse spletne strani, spletne aplikacije in mobilne aplikacije zavezancev. Čeprav bi morale biti dostopne vse strani in vse aplikacije, ki so bile izdelane ali kupljene skladno z zakonom o javnem naročanju, je po ocenah delovne skupine za dostopnost komunikacij, informacij in fizične dostopnosti, v celoti dostopnih samo 5 odstotkov spletnih strani [6].

Znakovni jezik (ang. sign language) je materni jezik gluhih in naglušnih, saj se ne morejo zvočno oz. govorno sporazumevati. Sporazumevanje z uporabo znakovnega jezika poteka primarno z rokami, obrazno mimiko ter premiki telesa in je trenutno njihov najhitrejši način sporazumevanja. Posamezna kretnja oziroma gesta pa navadno predstavlja posamezno besedo v govorjenem jeziku. Za komunikacijo z ostalimi, ki znakovnega jezika ne poznajo, je pogosto potreben tolmač, za učenje pa so na voljo šole znakovnih jezikov, tečaji ali pa individualno s pomočjo tolmača in uporabo slovarja znakovnega jezika. Ti slovarji so navadno sestavljeni iz definicije in posnetka kretnje. Primer takšnega slovarja je uradni video slovar slovenskega znakovnega jezika, ki je dostopen na spletu [7].

Z večanjem računskih zmogljivosti naprav je postalo izvedljivo upodabljanje v realnem času, s tem pa tudi uporaba navideznih tolmačev v obliki 3D avatarja za potrebe dostopnosti vsebin in rešitev povezanih z znakovnim jezikom. Uporaba 3D avatarja je z vidika ponovljivosti in standardizacije

zanimiva rešitev, saj hkrati ponuja možnost avtomatizacije procesa animiranja kretenj in kreacije novih pojmov ter besed. S to tehnologijo je mogoče izdelati napredne 3D slovarje znakovnega jezika, ki lahko ponudijo dodatne vsebine ali interakcijo, kot na primer pogled iz različnih zornih kotov, prilagajanje hitrosti kretanja, rotacijo avatarja itd. To lahko pripomore k boljšemu razumevanju in učenju kretenj. Iz tega izhaja ideja za nov koncept naprednega slovarja znakovnega jezika, ki bi vseboval interaktivnega 3D animiranega avatarja in dodatno obširno razlago konteksta besede.

Poglavlje 2

Slušna prizadetost

Znakovni jezik primarno uporabljajo ljudje s slušno prizadetostjo za komunikacijo. Slušna prizadetost [8, 9, 10], okvara sluha ali tudi gluhost, je ena izmed najtežjih oblik invalidnosti po podatkih WHO. Z vidika medicine je gluhost motnja zaznavanja slušnih informacij. Slušno zaznavanje je najboljše v področju frekvenc od 500 do 5000 Hz, poudarjeno pa je v okolici 4000 Hz. Gluho osebo opredeljuje izguba sluha na frekvencah 500, 1000 in 2000 Hz. Škodljivi učinki na sluh lahko izhajajo iz neakustičnih ali neposredno iz akustičnih dejavnikov, kot so jakost zvoka, ki jo izražamo v decibelih (dB), frekvence zvoka izražene v hercih (Hz) in ostalih spektralnih elementov.

Pri popolni gluhosti, ki je obravnavana kot najtežja izguba sluha, je oseba nezmožna zaznavanja intenzivnejših signalov, v nasprotnem primeru lahko govorimo o delni gluhosti oz. naglušnosti. Stopnjo slušne prizadetosti se izmeri s pomočjo diagnostičnega avdiometra [11], ki običajno deluje znotraj razpona med 100 Hz in 10000 Hz. Na ta način ločimo skupini gluhih in naglušnih. Gluhost je lahko dedna, prirojena ali pridobljena.

Poznamo štiri ravni škodljivosti jakosti zvoka za sluh:

- od 40 do 65 dB (psihične motnje),
- od 65 do 85 dB (fizične motnje),
- od 85 do 120 dB (lahko nastopajo akutne ali kronične poškodbe sluha),

- nad 120 dB (po krajšem času se pojavita nelagodje in bolečina).

2.1 Gluhe osebe

Gluhe osebe delimo na:

- osebe s težjo izgubo sluha (zaznavanje jakosti zvoka je zmanjšano za 91 dB in več),
- osebe s popolno izgubo sluha.

Osebe z najtežjo izgubo sluha navadno niso sposobne slišati ali razumeti govora, kljub ojačanju oziroma uporabi slušnega aparata. Pri popolni izgubi sluha oseba ne loči dveh jakosti zvoka niti ne dveh frekvenc ter ni sposobna slišati ali razumeti govora. Za obe skupini je značilno, da imajo osebe pogosto pridružene tudi vedenjske in učne motnje.

Glede na surdološke kriterije razvrščanja gluhih oseb, ki upoštevajo obdobje, v katerem so osebe izgubile sluh, pa jih delimo na naslednji dve skupini [12].

2.1.1 Prelingvalno gluhe osebe

V to skupino spadajo gluhe osebe, ki so izgubile sluh takoj po rojstvu ali kasneje do tretjega leta starosti. To je najhujša oblika gluhosti, saj je večina oseb delno ali popolnoma nemih, od tod prihaja tudi izraz gluhonemi. Primarno uporabljajo neverbalni sistem, ki je kombinacija zaznavanja z vidom in sporazumevanja preko znakovnega jezika. Pogosto so zaradi hujše oblike invalidnosti ti ljudje odrinjeni od družbe in psihosocialno osamljeni [13].

2.1.2 Postlingvalno gluhe osebe

V to skupino uvrščamo vse osebe, ki so oglušele kasneje (starejše od 3. let) skozi čas njihovega življenja. Ti ljudje so imeli možnost učenja in razumevanja pisane besede in govorjenega jezika. Sicer se primarno zanašajo na

vizualni segment komunikacije, lahko pa iz obraza in ustnic sogovornika preberejo besedo ozziroma razumejo sporočilo. Te osebe v povprečju razumejo 70 odstotkov govorjenega sporočila. Razumevanje je odvisno od optimalnih pogojev komunikacije, kot so frontalen pogled, način odpiranja ust med govorjenjem, jasnost govora itd.

2.2 Naglušne osebe

Naglušne ljudi delimo na:

- osebe z lažjo izgubo sluha (26-40 dB),
- osebe z zmerno izgubo sluha (41-55 dB),
- osebe s težjo izgubo sluha (56-70 dB),
- osebe s težko izgubo sluha (71-90 dB).

Te osebe lahko trpijo za obojestransko zmerno izgubo sluha ali popolno izgubo sluha na enem ušesu. Pri osebah z lažjo in zmerno izgubo sluha se lahko začnejo pojavljati težave pri sporazumevanju, govorjenju in orientaciji. Pri osebah s težjo in težko izgubo sluha pa se pojavljajo tudi težave pri vključevanju v družbo. Večina naglušnih oseb uporablja slušni aparat, ki lahko bistveno izboljša zaznavo zvoka in močno omili njihovo oviranost.

Poglavlje 3

Znakovni jezik

Znakovni jezik je vizualni jezik, ki ga primarno uporablja skupina gluhih in naglušnih za komunikacijo. Namesto uporabe zvokov in govorjene besede so glavni komunikacijski elementi premiki rok, dlani in prstov, mimika obraza ter telesna govorica [14]. Besede se lahko predstavijo z unikatno gesto oziroma kretnjo, ki je lahko enoročna ali dvoročna. Poznamo tudi način komunikacije s črkovanjem (ang. finger spelling).

Znakovni jeziki omogočajo gluhi skupnosti, da se učinkovito sporazumeva, izraža in razvija. Ti jeziki imajo svojo lastno slovnicu, ki se razlikuje od slovnice govornih jezikov. Prav tako so izjemno bogati, kompleksni in kreativni sistemi komunikacije, čeprav njihova slovница ni tako obsežna kot pri govornih jezikih, katerih slovarji vsebujejo mnogo več gesel kot slovarji znakovnega jezika. Izdaja SSKJ iz leta 1997 vsebuje 93.152 gesel in 13.888 podgesel [15, 16], medtem ko v znakovnem jeziku poznamo nekaj več kot 25.000 kretenj [17, 18]. Pri znakovnem jeziku so večbesedni pojmi pogosto sestavljeni iz kretenj posameznih besed, ki sestavljajo pojmem. Kretinja za določen večbesedni pojmem pa je lahko tudi edinstvena oz. unikatna. Poleg tega obstajajo različne variacije iste kretanje, ki so lahko krajevnoobarvane.

Znakovni jeziki se lahko razlikujejo glede na geografsko lego in načeloma niso povezani z govornim jezikom. Primer tega sta španski in mehiški znakovni jezik, ki sta si različna kljub temu, da je primarni uradni jezik v obeh

državah španščina. Nasproten primer je Južna Afrika, ki ima en znakovni jezik, čeprav tam govorijo 11 uradnih jezikov [19].

Za sporazumevanje med različnimi znakovnimi jeziki se je oblikoval mednarodni znak, poznan tudi kot mednarodni pomožni jezik za sporazumevanje (ang. International Sign). Uporablja se ga na zborovanjih svetovne organizacije gluhih, včasih tudi na zborovanju združenih narodov, na olimpijadi za gluhe in nekaterih posebnih priložnostih v sklopu Evropske unije [20]. V Združenih državah Amerike se je oblikoval ameriški znakovni jezik ASL (ang. American Sign Language) [21], ki ga uporablja večina gluhih v ZDA, poleg tega pa je postal eden najbolj prepoznavnih znakovnih jezikov na svetu. Prav tako so se oblikovali znakovni jeziki v drugih državah, pogosto tudi več različic znotraj iste države. V Sloveniji se uporablja slovenski znakovni jezik (SZJ).

V zadnjih desetletjih so znakovni jeziki postali bolj razširjeni in pridobili širšo prepoznavnost. Priznavajo se kot polnovredni jeziki z lastno slovnicijo in semantiko. Danes obstajajo številne organizacije, knjige, slovarji, spletnne strani in tečaji, ki spodbujajo učenje in razumevanje znakovnih jezikov. V Sloveniji se je leta 2021 v ustavo Republike Slovenije zapisal člen 62.a [22], ki opredeljuje pravico do svobodne uporabe in razvoja slovenskega znakovnega jezika, kar je velik dosežek za SZJ [23].

3.1 Zgodovina znakovnih jezikov

Dokazi o uporabi vizualnih kretanj segajo več kot tisočletje v preteklost, vendar so se prvi poskusi učenja gluhih otrok začeli po letu 1500 [24]. Pojavile so se prve knjige s kretnjami in prvi resnejši poskusi formalizacije znakovnih jezikov. Pri tem je bilo pomembno odkritje, da sluh ni pogoj za inteligenco oz. razumevanje kompleksnih idej. V 18. stoletju je Charles Michel De L'Epee ustanovil prvo javno šolo za gluhe [25]. Nekateri znakovni jeziki so se oblikovali spontano v manjših skupnostih z večjim številom gluhih. Te skupnosti so razvile lastne jezikovne značilnosti, ki so postale temelj njihovih

znakovnih jezikov [19].

Slovenski znakovni jezik je bil oblikovan iz avstro-ogrskega znakovnega jezika in francoskega znakovnega jezika leta 1840. Istega leta je bil v Gorici ustanovljen slovensko-italijanski zavod za gluhe otroke, ki je deloval do 1. svetovne vojne. Druga šola za gluhe je bila samostanska šola v Šmihelu pri Novem mestu, kjer pouk ni temeljil na učenju gest, saj so do osemdesetih let prejšnjega stoletja strokovnjaki zagovarjali učenje sporazumevanja v govornem jeziku in branja z ustnic. V osemdesetih letih dvajsetega stoletja se je tudi v Sloveniji razširila uporaba gest [26]. ZDGNS je že od leta 1979 dalje organizirala številne seminarje z učenjem znakovnega jezika, kjer so sodelovali predstavniki, učitelji in strokovnjaki iz različnih društev [27]. Zveza je skupaj s šolskimi centri leta 1986 sklical posvet o usposabljanju slušno pri zadetih v Sloveniji, ta pa je imel bistven pomen na poti k sprejemu Zakona o uporabi slovenskega znakovnega jezika (ZUSZJ) leta 2002 [28].

3.2 Sistemi notacije

Ker so kretnje znakovnih jezikov pogosto zapletene in jih je posledično težko opisati, so se s časom razvili različni sistemi notacije za opisovanje znakov in gibov v znakovnem jeziku [29]. Za raziskovalne namene se največ uporablja sistem HamNoSys (ang. Hamburg sign language notation system). Definiran je bil leta 1984 in izvira iz Stokoeve notacije, znane tudi kot Stockhausenska notacija, ki namesto tradicionalnih glasbenih not uporablja grafične simbole, zapise in risbe za predstavitev glasbenih konceptov. HamNoSys [30] je prilagojen za različne situacije in se še vedno razvija ter nadgrajuje. Njegove glavne prednosti so:

- ikoničnost (veliko število variacij),
- ekonomičnost,
- integracija z obstoječimi digitalnimi orodji,

- dobro definirana sintaksa,
- razširljivost.

Omeniti velja tudi Stokoevo notacijo za ASL in Sutton SignWriting, ki se je pozneje razvil v IMWA (ang. The International Movement Writing Alphabet).

3.3 Učenje znakovnega jezika

Pred digitalno dobo se je kretnje učilo z natisnjennimi slovarji, ki so uporabljali ilustracije ali slike z opisi. Multimedija tehnologija je ponudila priložnost za izboljšanje z uporabo in možnostjo obdelovanja video gradiv ter 3D animiranih modelov.

V Sloveniji je leta 2001 izšla verzija v obliki CD-ROM, ki je vsebovala 2500 najbolj pogosto uporabljenih besed in gest. Danes je v Sloveniji javno dostopen slovar SZJ, ki ga ponuja Zveza društev gluhih in naglušnih Slovenije (ZDGNS), financiran pa je bil tudi s pomočjo Ministrstva za kulturo Republike Slovenije ter Fundacije za financiranje invalidskih in humanitarnih organizacij [7]. V slovarju je zajetih 13152 gesel, ki izhajajo iz SSKJ [17]. Sestavlja ga pisne informacije, metapodatki skupaj z videoposnetkom, ki tvorijo enote, logično razdeljene v tematske sklope.

Znakovnega jezika se poleg gluhih pogosto učijo tudi slišeči, ki so navedno ožji družinski člani prizadete osebe ali pa tolmači, ki so prevajalci med govornim jezikom in znakovnim jezikom. Opraviti morajo poseben izpit za tolmača znakovnega jezika pred komisijo sistema nacionalnih poklicnih kvalifikacij [31], da se lahko vpšejo v register tolmačev za znakovni jezik in opravljajo znakovno tolmačenje kot certificirani tolmači in tolmačke [32].

Poglavlje 4

Zagotavljanje dostopnosti

Dostopnost (ang. Accessibility) [33] je ključnega pomena za ustvarjanje družbe, v kateri lahko vsi posamezniki enakopravno sodelujejo. To področje se osredotoča na odpravljanje ovir, ki lahko omejujejo ljudi glede na njihove sposobnosti, starost ali druge osebne okoliščine. S hitrim razvojem digitalnih tehnologij je upoštevanje in zagotavljanje dostopnosti postalo pomembno vprašanje. Kako zagotoviti, da so digitalni viri in tehnologija dostopni vsem, ne glede na njihove zmožnosti, bo zahteven izziv pri oblikovanju prihodnosti.

Kljub vsej izpostavljenosti področja pa se pojavljajo problemi, saj je pogosto tematika dostopnosti potisnjena v ozadje. Razlogi so lahko različni in lahko izhajajo iz pomanjkanja osveščenosti, povečanih stroškov, finančnih omejitev, zastarele infrastrukture, pomanjkanju standardov in zakonodaje, tehničnih ovir, kulturnih dejavnikov, zanemarjanja raznolikosti itd. Zato je razvoj zakonov o dostopnosti ključen korak v prizadevanjih za zagotavljanje enakih pravic in možnosti za vse posameznike, ne glede na njihove omejitve ali potrebe. Zakoni o dostopnosti so pravno orodje, ki določajo standarde in zahteve za zagotavljanje dostopnosti v različnih sektorjih, kot so arhitekturno okolje, prevoz, digitalna tehnologija, izobraževanje, zdravstvo itd.

Skupaj z razvojem in napredkom tehnoloških rešitev je danes mogoče zdovoljiti obstoječe potrebe po dostopnosti, hkrati pa se pojavljajo nove metode in pristopi, ki poenostavljajo razvoj rešitev in izboljšujejo uporabniško

izkušnjo.

4.1 Dostopnost v svetu

Po podatkih WHO iz marca 2023 predstavljajo ljudje s posebnimi potrebami ali različnimi oblikami oviranosti 16 odstotkov svetovne populacije, kar je več kot milijarda ljudi. Regulacija dostopnosti je močno povezana s kulturo, razvojem infrastrukture, pravicami in bruto domaćim proizvodom, značilnim za geografsko območje ali državo.

Generalna skupščina Združenih Narodov je leta 1948 sprejela konvencijo, ki govorí o tem, da je izobrazba temeljna pravica vsakega človeka [34], ne glede na njegove fizične, kognitivne in senzorne sposobnosti. Ta sklep je leta 2006 razširila tudi na invalide in ljudi s posebnimi potrebami [35], zato ima veliko držav zakone in predpise, ki urejajo in določajo pravico o dostopnosti. Podrobnosti teh zakonov in predpisov pa se navadno lahko precej razlikujejo med državami.

Evropski akt o dostopnosti (EAA, ang. European Accessibility Act) [36, 4, 37] je direktiva, ki naslavlja podjetja, invalide in starejše osebe. Predlagan je bil leta 2011, sprejet v rabo pa leta 2019. Cilja k izboljšanju delovanja trga za dostopne izdelke in storitve s poenotenjem ali odstranjevanjem ovir, ki jih predstavlja neskladja z zakoni različnih evropskih držav. Prednosti tega se odražajo v večji dostopnosti in konkurenčnosti izdelkov in storitev.

CRPD (ang. Convention on the Rights of Persons with Disabilities) je mednarodna konvencija o pravicah invalidov, ki jo je sprejela Generalna skupščina Združenih Narodov in je stopila v veljavo maja leta 2008. Gre za pomembno mednarodno pravno orodje, namenjeno varovanju in spodbujanju pravic invalidov po vsem svetu [35].

Poleg WHO obstajajo tudi druge organizacije, ki so osredotočene na pravice in dostopnost za skupino gluhih in naglušnih, npr. Mednarodna zveza gluhih, znana kot WFD (ang. World Federation for the Deaf) [38]. To je neprofitna organizacija, ustanovljena leta 1951 v Rimu, katere namen je

zastopanje gluhih ljudi in njihovih pravic po vsem svetu. Članstvo sestavljajo nacionalne zveze iz 132 držav. Namen organizacije je zagotoviti poln, kakovosten in enakopraven dostop do vseh vidikov življenja, vključno s samoodločanjem, znakovnim jezikom, izobraževanjem in zaposlovanjem. Njihov fokus je na:

- pravicah do uporabe znakovnega jezika,
- osebah s popolno izgubo sluha,
- dvojezičnem izobraževanju,
- stalnem učenju,
- dostopnosti,
- enakih možnostih zaposlitve,
- enakopravnih udeležbi.

4.2 Dostopnost na spletu

Dostopnost na spletu odraža kako dostopna je digitalna vsebina, kot so spletna mesta, aplikacije in druge digitalne platforme, za vse uporabnike, vključno s tistimi, ki imajo različne vrste omejitev ali posebne potrebe. Splet ima danes pomembno vlogo v svetu, saj omogoča dostop do informacij, izobraževanja, storitev in komunikacije. Razvoj tehnologij in digitalizacija sta poleg ostalih dejavnikov, kot npr. pandemija Covid-19, sprožila pohitreno širjenje tako nujnih kot tudi ostalih storitev na splet. Zato se po svetu sprejemajo regulacije in zakoni, ki so namenjeni zagotavljanju, da so digitalne vsebine in storitve dostopne vsem.

Neprofitne organizacije javnega interesa, kot je organizacija W3C (ang. World Wide Web Consortium) [39], vodijo iniciativno za spletno dostopnost WAI (ang. Web Accessibility Initiative) znotraj katere se razvijajo smernice WCAG (ang. Web Content Accessibility Guidelines) za dostopnost spletnih

vsebin [40]. Izšle so leta 1999, skozi čas pa so izhajale nove verzije. Oktobra 2023 je izšel WCAG 2.2. V osnutku je tudi nova verzija WCAG 3 [41], ki je nove popravke dobila julija 2023. Te smernice so namenjene razvijalcem spletnih vsebin, spletnih orodij, spletnih orodij za evalvacijo dostopnosti in vsem ostalim, ki želijo ali potrebujejo standarde za spletno in mobilno dostopnost. Vključujejo specifikacije za HTML, CSS in druge tehnologije.

Številne države imajo lastne zakone in predpise, ki zahtevajo dostopnost spletnih mest in aplikacij. Ti zakoni se lahko razlikujejo med državami. Običajno vključujejo zahteve za javne institucije, komercialne organizacije in druge ponudnike spletnih vsebin.

Ljudje s posebnimi potrebami uporabljajo različne tehnološke pripomočke za dostop do vsebin. Spleti in slabovidni lahko uporabljajo posebna orodja, kot so na primer bralniki in povečevalci zaslona, uporabo alternativnega teksta za opis slik, navigacijo s tipkovnico itd. Pri avdio-video vsebinah se lahko zanašajo na zvočne opise in zvočne podnapise, gluhi in naglušni pa uporabljajo podnapise ali tolmačenje v znakovni jezik. Zaradi tega je pomembno, da spletni strani ustrezano WCAG standardom, da lahko omenjeni tehnološki pripomočki ustrezeno delujejo. Tukaj velja omeniti nekaj različnih zahtev, kot recimo ustrezeno podprtji jeziki za bralnike zaslona, konsistentna struktura spletnih mest za enostavno navigacijo, ustreznna kontrastna razmerja itd. Nekatere je mogoče preveriti z orodji za preverjanje dostopnosti, ostale pa se žal lahko preverja le ročno.

4.3 Dostopnost v Sloveniji

Slovenski znakovni jezik je bil s sprejetjem zakona leta 2002 priznan kot eden izmed uradnih jezikov gluhe manjštine v Sloveniji [42, 12, 43]. Trenutno v Sloveniji živi okoli 1500 gluhih oseb, medtem ko je 200.000 ljudi registriranih z okvaro sluha. Približno 1000 od teh oseb uporablja slovenski znakovni jezik kot primarni jezik za sporazumevanje.

Zagotavljanje dostopnosti v Sloveniji je pomemben cilj, ki ga zasledujejo

tako državne institucije kot tudi organizacije in skupnosti. Kljub ustreznim zakonodajim pa sama realizacija in razširjenost dostopnih storitev pogosto šepa. Gluhi in naglušni v Sloveniji se soočajo s pogostimi izzivi in težavami, povezanimi z neprilagojenimi storitvami in vsebinami, kot sta na primer pomankljivo ozvočenje za naglušne ali pomanjkanje informacij v znakovnem jeziku.

V Ustavi imamo zapisan 62.a člen [22], ki opredeljuje pravico do svobodne uporabe in razvoja slovenskega znakovnega jezika. Na območjih občin, kjer sta uradna jezika tudi italijanščina ali madžarsčina, je zagotovljena uporaba italijanskega in madžarskega znakovnega jezika, pri čemer uporabo teh jezikov in položaj njihovih uporabnikov ureja zakon.

V Sloveniji je bil sprejet tudi zakon o dostopnosti spletisč in mobilnih aplikacij (ZDSMA) [5], ki je začel veljati leta 2018. Ta zakon določa zahteve za dostopnost spletnih mest in mobilnih aplikacij javnega sektorja. Prav tako opredeljuje naloge in pristojnosti organov za nadzor in spremeljanje izvajanja zakona. Zakon je osnovan na zahtevah za zagotavljanje dostopnosti, ki jih predvideva standard WCAG 2.0 AA.

Slovenski javni medij RTV SLO vzdržuje portal dostopno.si [44], ki vključuje avdio-video vsebine, ki so opremljene s tehnikami za zagotavljanje dostopnosti vsebin, kot so npr. zvočni opisi, zvočni podnapisi, podnapisi ter s tolmačenjem v znakovni jezik predvajane vsebine.

Za slovenski znakovni jezik obstajajo tudi leksikalni podatki, ki so bili pridobljeni na podlagi korpusa Signor [45]. Ti podatki zajemajo besede, njihove pomene, oblike, izgovorjave in druge jezikovne enote. Gradnja korpusa se je začela leta 2011 in pri zajemu je bilo vključenih 80 sodelujočih oseb iz skupnosti gluhih in naglušnih, kar v Sloveniji predstavlja približno 6 odstotkov vseh gluhih in naglušnih. Pri pridobivanju rezultatov so uporabili metodologijo, ki je že bila preverjena in uporabljena za analizo drugih znakovnih jezikov. Statistični rezultati pa potrjujejo podobnost z drugimi podobnimi raziskavami.

Poglavlje 5

Pregled področja tehnoloških pripomočkov za znakovni jezik

V državah, ki se zavedajo pomena dostopnosti, lahko opazimo vrsto naprednih sistemov za pomoč invalidom. Modernejše rešitve pogosto uporabljajo napredne tehnologije, s katerimi je mogoče obogatiti in izboljšati uporabniško izkušnjo za osebe z različnimi stopnjami oviranosti, ki so bile do nedavnega prikrajšane za izkušnje, socialne interakcije ali celo osnovne življenske storitve.

5.1 Obstoječe rešitve z animiranim kretalcem

V zadnjih letih je opaziti znatno povečanje storitev in rešitev za gluhe, ki uporabljajo animirane 3D avatarje namesto videoposnetkov. Tak način prinaša več prednosti. 3D model in skelet se izdelata enkrat in ju je mogoče ponovno uporabiti za različne geste. S tem lahko izkušen animator v kratkem času animira nove kretnje, kar olajša postopek razvoja aplikacije. Pri uporabi videoposnetkov so lahko nepredvidene kasnejše spremembe ali dodatki stroškovno neoptimalni. Prednost animacij predstavlja možnost kasnejših popravkov, ponovljivost in možnost standardizacije. 3D modeli pa omogočajo večji nivo personalizacije.

5.1.1 Aplikacija Hand Talk App

Hand Talk App¹ je ena največjih svetovnih platform za avtomatsko prevajanje v znakovni jezik. Njihova aplikacija, ki je na voljo za Android in Apple naprave, ponuja možnost prevajanja preko glasovnega zajema ali preko vnosnega polja, rezultate pa vrne v obliki virtualnega animiranega avatarja (avatarja po imenu Hugo prikazuje slika 5.1), ki uporabniku odkreta prevod v brazilskem (LSB, Libras) ali ameriškem znakovnem jeziku (ASL). Omogoča tudi prilaganje hitrosti prevoda. Podjetje ponuja tudi vtičnik za avtomatsko prevajanje spletnih strani, ki je zaenkrat na voljo samo za brazilski znakovni jezik.



Slika 5.1: Avatar Hugo platforme Hand Talk za avtomatsko prevajanje v brazilski znakovni jezik in ameriški znakovni jezik.

5.1.2 Rešitev Kara Technologies

Podjetje Kara Technologies² iz Nove Zelandije je osredotočeno na razvijanje dostopnih rešitev. Ponujajo ultra realistične 3D avatarje (slika 5.2), ustvar-

¹<https://www.handtalk.me/en/app/>

²<https://www.kara.tech/>

jene in animirane s pomočjo umetne inteligence. Njihova platforma služi prevajanju v znakovni jezik preko programskih vmesnikov (API) z uporabo animacij, zajetih s pomočjo tehnologij zajema gibanja (ang. motion capture). Razvita je v okolju Unreal Engine 4, ki je priljubljeno orodje za ustvarjanje iger ali drugih izdelkov, ki uporabljajo animacije [46]. Od svoje ustanovitve leta 2017 so prejeli več nagrad.



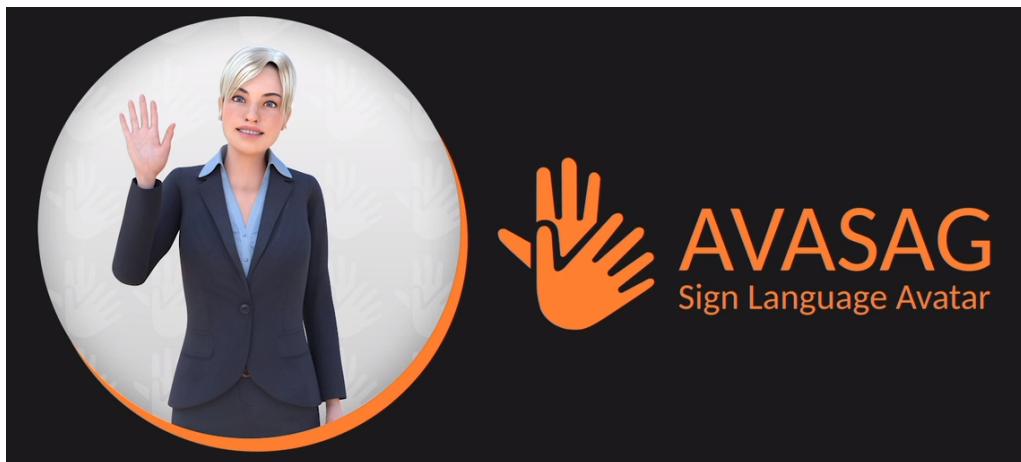
Slika 5.2: Ultra realistični 3D avatarji, ki jih ponuja podjetje Kara Technologies.

5.1.3 AVASAG

AVASAG (nem. avatar-basierter Sprachassistent zur automatisierten Gebarden übersetzung)³ [47] je komercialni sistem za avtomatsko prevajanje besedila v znakovni jezik namenjen različnim javnim storitvam. Financiran je s strani nemškega ministrstva za šolstvo in razvoj (nem. BMBF). Napredni pristopi in funkcionalnosti, ki jih njihov sistem ponuja, vključujejo prevajanje

³<https://avasag.de/>

brez dostopa do interneta, razumljive in naravne animacije kretenj, konstrukcijo kompleksnejših kretenj iz preprostejših kretenj, skalabilnost sistema in možnost razširitve itd. Za ustvarjanje animacij uporabljajo kombinacijo zajema videa in gibanja MoCap (ang. motion capture). Avtorji in razvijalci se zavedajo, da lahko v primeru omejenega besedišča pride do težav pri prevajanju, zato uporabljajo kombinacijo nadzorovanega učenja (ang. supervised learning), to so vnaprej naučeni jezikovni modeli, in nenadzorovanega učenja (ang. unsupervised learning), kar pripomore k končni uspešnosti modela. Za kreacijo animacij in fotorealističnega 3D avatarja (slika 5.3) so uporabili uveljavljena orodja za modeliranje. Zaradi potencialnih napak pri ujemanju zajetega gibanja in skeleta modela so morali avatarja poravnati s telesnimi dimenzijami tolmača. Poleg tega so poskrbeli za ustrezni kontrast med kožo, oblačili in barvo ozadja. Pri sintezi animacij so se poslužili orodja VuppetMaster, ki temelji na WebGL API (ang. Web Graphics Library), kar omogoča predvajanje animacij znotraj brskalnika kot tudi na ostalih napravah.

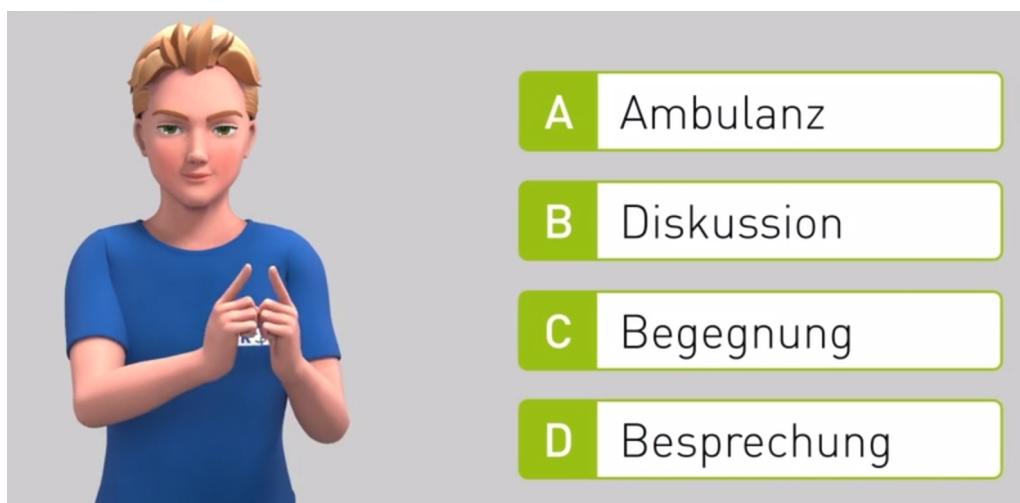


Slika 5.3: Animirani avatar sistema AVASAG, ki služi prevajanju v znakovni jezik in je namenjen različnim javnim storitvam.

5.1.4 SiMAX

SiMAX⁴ je bil prvi sistem, ki uporablja animiranega 3D avatarja (primer je viden na sliki 5.4) za prevajanje besedila v različne znakovne jezike. Razvili so ga v Avstriji, sistem pa naj bi bil poceni in učinkovit. Uporabiti ga je mogoče za generiranje videa ali vstavitev avatarja v obstoječ video. Zaradi tega se ga lahko uporablja npr. za prevajanje spletnih strani, pri gledanju filmov in drugih TV vsebin, za posredovanje informacij o prometnih zastojih, kot pomoč pri vodenih ogledih itd.

Sistem uporablja učno podatkovno bazo v kateri so shranjeni obstoječi prevodi. Sami prevodi se tudi ročno preverjajo in popravljajo v primeru, da ti niso popolnoma ustrezni. Poleg tega ponujajo orodje za urejanje in personalizacijo avatarja, pri čemer lahko uporabnik prilagaja spol, polt, barvo oči ter nekatere druge lastnosti.



Slika 5.4: Animirani 3D avatar sistema SiMAX za prevajanje različnih znakovnih jezikov.

⁴<https://simax.media/>

5.1.5 Rešitev SignAloud

Trenutno je področje prevajanja iz znakovnega jezika v govor še v začetni fazi razvoja. Omeniti velja rešitev SignAloud, ki sta jo razvila dva študenta Univerze v Washingtonu [48, 49, 50]. Razvila sta posebne rokavice na katere sta namestila senzorje, ki zaznavajo položaj in premike rok uporabnika ter jih prevedejo, besedo za besedo, v ASL. Rešitev je inovativna a hkrati precej kompleksna, kar povečuje možnost napačne interpretacije kretanj ali napačnih prevodov pri uporabi. Skupnost gluhih je tudi izpostavila, da je čustven kontekst pri kretanju pomemben, ki pa ga samo orodje ne zmore zajeti v celoti.

5.1.6 Animirani kretalec slovenskega znakovnega jezika za omejeno besedišče

Omeniti velja magistrsko delo Žane Juvan iz Laboratorija za multimedijo programa Multimedija na Fakulteti za računalništvo in informatiko ter Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani [51]. V delu je predstavljen koncept izdelave ter evalvacija animiranega avatarja za omejeno besedišče z aplikacijskim vmesnikom. Domena besedišča je omejena na vremensko napoved, animirane geste pa izhajajo iz pogostih pojmov, ki jih zasledimo pri napovedovanju vremena. Sam izdelek je mogoče relativno enostavno razširiti tudi na druge domene z omejenim besediščem.

Rešitev je bila zasnovana v okolju Blender, pri čemer so uporabili funkcionalnosti za modeliranje, okoščevanje, animacijo in upravljanje animiranih akcij s pomočjo Python skripte, ki služi kot vmesnik za generiranje vremenske napovedi. Ta določa in spreminja vsebino NLA (ang. non-linear animation) trakov, kjer se zlepijo različne kretanje z interpolacijsko metodo. Končni rezultat je video, na katerem avatar odkreta vremensko napoved. Pomembna lastnost je med drugim ta, da je upodabljanje mogoče izvesti v realnem času. Za zajem materiala za animacijo kretanj so se poslužili zajema videa tolmača iz treh zornih kotov. Za zajem gibanja se niso odločili zaradi drage opreme

za zajem in težav, ki lahko nastanejo zaradi kompleksnosti in nenatančnega zajema.

Pri merjenju uporabniške izkušnje in intervjuju z udeleženci so bili odzivi pozitivni z nekaterimi dobrimi predlogi za nadgradnjo storitve in izboljšanje same kvalitete animiranega modela ter kretenj. Podali so tudi predlog oz. idejo za izdelavo naprednega slovarja, ki smo ga implementirali v tem magistrskem delu.

5.1.7 Slovarji znakovnega jezika

Slovarji znakovnega jezika so poleg jezikovnih šol pomembno orodje za učenje znakovnega jezika. Skozi leta se je izgled teh spreminal z dodajanjem vsebin, ki služijo kot pomoč pri interpretaciji besede. Postali so tudi vse bolj obsežni, čeprav se s količino besedišča ne morejo primerjati z govornim jezikom.

Članek iz leta 2013 opisuje postopek prenosa slovarja slovenskega znakovnega jezika v CD-ROM obliki na splet. Prvi CD-ROM slovarji so začeli izhajati v 90. letih. Leta 1994 je bil izdan za ASL, malo kasneje v istem obdobju tudi za češki in angleški znakovni jezik (BSL), v Sloveniji pa je prvi izšel leta 2001. Avtorji so se zaradi starosti CD-ROM tehnologije, težav s kompatibilnostjo in povečanega števila mobilnih naprav ter tablic odločili prvotni slovar pretvoriti v spletno obliko. Že takrat so izrazili zanimanje ter poudarili prednosti uporabe animiranega avatarja.

Uporabili so obstoječe posnetke, iz katerih so izluščili posamezne geste, ter te uporabili in združili za vključitev 100 novih besed v spletni slovar, ki je na koncu vseboval 2514 besed ter 1801 posnetek. Od tega je bilo 486 besed sopomenk, 245 besed pa je bilo sestavljenih iz dveh ali več posnetkov. Besede so razčlenili v 38 tematskih skupin za lažje iskanje in boljšo uporabniško izkušnjo. Primer tematskih sklopov je viden na sliki 5.5.

Pri razvoju zalednega dela (ang. backend) so uporabili PHP, MySQL, za čelni del (ang. frontend) pa HTML, CSS in JavaScript, preko katerih so tudi razvili lasten video predvajalnik. S tem so se izognili uporabi ostalih tehnologij, kot so Flash, Java ali JavaFX, ki bi omejile kompatibilnost storitve. Za

nadaljnje izboljšanje so predlagali manjšo količino teksta, ki bi bila prisotna v slovarju, ter boljše lepljenje posnetkov za konstruiranje celotnih povedi.

Tematski sklopi > Osebe



Slika 5.5: Primer tematskih sklopov iz slovarja slovenskega znakovnega jezika, ki so ga izdelali leta 2013 na podlagi obstoječega slovarja v CD-ROM obliki.

Omeniti je potrebno tudi slovar slovenskega znakovnega jezika, ki ga po-nuja ZGDNS. Podrobneje ga bomo predstavili v naslednjem poglavju 6, saj je ključen za primerjavo z izdelanim slovarjem s 3D avatarjem.

Poglavlje 6

Slovar znakovnega jezika z animiranim avatarjem

Gluhi in naglušni potrebujejo znakovni jezik zaradi nezmožnosti zaznavanja govorjene besede in težav z razumevanjem ali celo popolnim nerazumevanjem besedila. Število informacij, ki so dostopne ljudem, pa skozi čas narašča, zato je potrebno dostop le-teh prilagoditi tudi skupini gluhih. Mnogo težav izhaja iz dejstva, da je 80 odstotkov gluhih na meji funkcionalne pismenosti [52], uporaba tolmača pa je pogosto časovno zahtevna, nepriročna ali predraga storitev.

Zaradi tega je tudi samo učenje znakovnih jezikov zahtevno, saj imajo uporabniki pogosto težave z dojemanjem novih pojmov in besed. Uporaba splošnih slovarjev, kot je SSKJ, je za skupino gluhih neprimerna ali celo nemogoča. Če želijo gluhi in naglušni enakovredno sodelovati in prispevati v družbi, jim moramo zagotoviti ustrezni in dostopen učni material.

Napredek tehnologij za modeliranje, animacijo in upodabljanje je spodbudil razvijalce k iskanju naprednejših rešitev na področju dostopnosti. Internet in splet (ang. World Wide Web, WWW) sta dve ključni tehnološki in komunikacijski inovaciji, ki sta spremenili način, kako ljudje dostopajo do informacij, komunicirajo in delijo podatke. Multimedijijske tehnologije omogočajo izdelavo novih orodij, ki so primerna za razvoj učnih vsebin in storitev, saj

lahko s kombinacijo različnih medijev, kot so zvok, video in tekst, zagotovijo bogato učno izkušnjo ter s tem povečajo uspešnost in kakovost učenja.

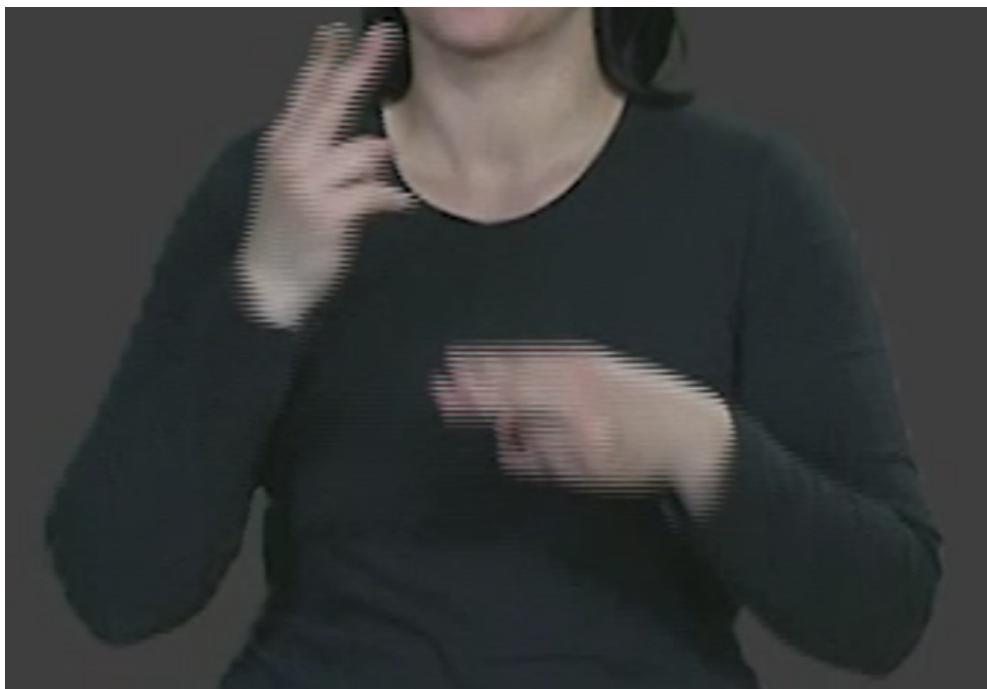
6.1 Pomanjkljivosti obstoječih slovarjev

Čeprav ima skupnost gluhih in naglušnih v Sloveniji na voljo spletni slovar SZJ [7], je mogoče opaziti pomanjkljivosti, ki so pogosto prisotne pri takih oblikah učnih slovarjev.

Kot prvo lahko omenimo težave s kvaliteto videoposnetkov. Ker bi bilo snemanje gest za celoten slovar časovno potratno in cenovno drago, večina posnetkov izhaja iz starejših različic slovarja. To pomeni, da videoposnetki niso na voljo v polni visoki ločljivosti, znani kot FullHD (ang. Full High Definition). Nekateri posnetki so dostopni v visoki ločljivosti HD (ang. High Definition), večina pa jih je na voljo v standardni ločljivosti SD (ang. Standard Definition) ali ločljivosti VGA (ang. video graphics array).

- VGA, 640×480 , razmerje 4:3
- Standardna ločljivost SD, 720×576 , razmerje 4:3
- Visoka ločljivost HD, 1280×720 , razmerje 16:9
- Polna visoka ločljivost FullHD, 1920×1080 , razmerje 16:9

Poleg majhne ločljivosti lahko opazimo, da videoposnetki uporabljajo prepleteno obnavljanje slike (ang. interlaced image refreshing), ki je z vidika kakovosti slabše od neprepletenega obnavljanja slike (ang. non-interlaced, progressive image refreshing). Pri neprepletenu obnavljanju slike se vse vrstice s slikovnimi pikami (ang. pixels) osvežijo pri vsakem okvirju (ang. frame) videa, medtem ko se v nasprotnem primeru izmenično osvežujejo sode in lihe vrstice, kar prikazuje slika 6.1. Ta način priomore k zmanjšanju bitne hitrosti (ang. bit rate) ter posledično k manjši porabi pasovne širine, kar je v preteklosti omogočalo prenos videa z večjo ločljivostjo kot bi bila sicer.



Slika 6.1: Primer videoposnetka iz slovarja slovenskega znakovnega jezika[7], ki uporablja prepleteno obnavljanje slike. Na sliki so razvidni zamiki pri osveževanju zaporednih vrstic slikovnih pik.

Težave pri učenju geste lahko povzroča tudi nizka hitrost osveževanja slik (ang. frame rate), ki znaša 25 slik na sekundo. Ta karakteristika sicer sama po sebi ni tako problematična, vendar lahko skupaj s kombinacijo standarde ločljivosti in prepletene obnavljanja slik naredi določene geste težko razločljive. Hitri premiki prstov se težje zaznavajo. Gledalec si je pogosto primoran posnetek večkrat podrobneje ogledati, včasih pa mora o premiku celo ugibati ali sklepati.

Vse tri predstavljene težave, ki izhajajo iz značilnosti videoposnetkov, je mogoče z uporabo modernejše tehnologije in pristopov odpraviti npr. z uporabo kvalitetne visokoločljivostne kamere, snemanjem brez prepletanja s 50 sličicami na sekundo ter uporabo kvalitetnejšega kodirnega postopka.

Ena izmed pomanjkljivosti, ki ni preprosto rešljiva, je sama ponovlji-

vost kretanja. Kretalci in tolmači vnašajo variacije pri kretanju, saj ima vsak posameznik svoj stil kretanja. Poleg tega je praktično nemogoče, da bi posameznik večkrat odkretal isto kretanje brez odstopanja. Te variacije se odražajo kot razlike v hitrosti kretanja, različnih nivojih poudarjenosti pri premikih rok, dlani, prstov, obrazni mimiki, različnih načinov prehajanja med kretnjami itd.

Nekateri pojmi ali besede v znakovnem jeziku so lahko tudi geografsko obarvani. Regionalne skupnosti gluhih in naglušnih se redkeje mešajo med sabo. To sicer samo po sebi ni težava, vendar se v takšnih zaprtih skupnostih gluhi in naglušni navadijo na specifične načine kretanja, ki se izoblikujejo skozi čas. To lahko primerjamo z narečji, ki so zemljepisne jezikovne zvrsti govorjene slovenščine in se razlikujejo v besedišču, glasoslovju, naglasu itd.

6.2 Prednosti slovarja z animiranim 3D avatarjem

Pomanjkljivostim, ki smo jih omenili v prejšnjem podpoglavlju, se je mogoče v določeni meri izogniti z uporabo animiranega 3D avatarja. S tem rešimo težavi slabe ločljivosti in uporabe prepletene obnavljanja slik, saj lahko avatarja upodobimo v poljubni ločljivosti. Poleg tega ne potrebujemo algoritmov za stiskanje video vsebin z izgubo (ang. lossy compression). Tej težavi se izognemo z upodabljanjem v živo saj ne operiramo z videoposnetki. Z uporabo zmogljive opreme odpravimo tudi težavo z nizko hitrostjo osveževanja, saj je današnja oprema za upodabljanje dovolj sposobna, da izvaja upodabljanje s hitrostjo vsaj 60 slik na sekundo. Večina računalniških ter mobilnih zaslonov podpira osveževanje 60 Hz oziroma slik na sekundo, nekateri pa celo do 240 Hz. Zmožnost upodabljanja 240 slik na sekundo pa je odvisna od zmogljivosti GPE ter kompleksnosti 3D modela, kar je neposredno povezano s številom ploskev oz. poligonov (ang. polygons).

Uporaba animacij predstavlja izboljšanje tudi z vidika ponovljivosti, cenejše izvedbe popravkov in avtomatizacije procesa dodajanja novih pojmov

v slovar. Ponovljivost je že s samo uporabo animacij zagotovljena. Možnost kasnejšega spreminjanja animacije je tudi pomemben vidik, saj se pogosto zgodi, da pomanjkljivosti razvijalci ugotovimo komaj v poznejših fazah razvoja storitve. Na ta način lahko brez večjih stroškov in relativno hitro popravimo nenatančnosti, ki jih nismo mogli predvideti na samem začetku razvoja.

Če standardiziramo dimenzijske postavitev skeleta modela lahko hkrati ponudimo več različnih modelov, ki se razlikujejo po spolu, polti, oblačilih, barvi oči in las ali drugih kulturno obarvanih karakteristikah. S tem omogočimo uporabnikom nivo personalizacije, ki ga z videoposnetki ni mogoče doseči.

Veliko prednost v primerjavi z videoposnetki predstavlja poljubno spreminjanje zornega kota pogleda na animiranega avatarja. Pri videoposnetkih se veliko informacij o globini in položaju v prostoru izgubi, medtem ko lahko tukaj model poljubno rotiramo ali prestavljamo položaj kamere. Prednost tega je, da s čim manj ponovitvami dosežemo jasno razumevanje posameznih elementov, ki sestavljajo končno kretnjo.

V poglavju 7 je opisana uporaba 3D modela za izdelavo animacij kretenj, ki se nato uporabijo v samem slovarju. Izdelava uporabniškega vmesnika je opisana v poglavju 8. Testiranje in rezultati testiranja slovarja z avatarjem so predstavljeni v poglavju 9.

Poglavlje 7

3D avatar in animiranje

Animirani 3D avatar je glavni element, ki nastopa v naprednem slovarju zna-kovnega jezika. To je 3D model, ki je sestavljen iz mreže (ang. mesh), ki ponazarja človeka na katerega je nameščen skelet (ang. skeleton). Izdelava in prirejanje skeleta (ang. skeleton rigging) mora biti ustrezna in se pravilno prilegati mreži modela, da se izognemo nenatančnostim pri premikih, ki bi lahko zmanjšali učinkovitost učenja. Zato je to kompleksen in pogosto zamu-den proces, pri katerem razvijalec ne sme biti površen, saj lahko to negativno vpliva na kasnejše faze razvoja, npr. animiranje.

Raziskave na temo 3D avatarjev so pokazale, da je njihova uporaba za namene, kot je npr. slovar znakovnega jezika, mogoča [53, 54]. Dosežemo lahko zadovoljiv nivo razumljivosti kretenj. Pri postopku animiranja mora razvijalec paziti, da so gibi čim bolj naravni in natančni, saj so si v znakovnem jeziku lahko kretanje med sabo precej podobne. Med drugim lahko manjše razlike v obrazni mimiki ali premiku rok relativno na druge dele telesa znatno vplivajo na interpretacijo in kontekst same kretnje. Če uporabnik napačno interpretira in razume površno predstavljeno kretnjo, lahko to dodatno oteži komunikacijo in vnaša nejasnost pri prenosu sporočila. Pomembno je tudi, da so modeli in animacije uporabniku všečni, saj bo v nasprotnem primeru zavračal uporabo takega slovarja.

Skozi leta so se razvila številna orodja za izdelavo 3D modelov in anima-

cijo z namenom, da zadovoljijo naraščajoče potrebe na področju animiranih filmov, igračarstva, navidezne resničnosti (AR, ang. augmented reality) in virtualne resničnosti (VR, ang. virtual reality). Skupaj z napredkom na področju strojne opreme, je omogočeno upodabljanje realističnih modelov v realnem času. Obstajajo plačljiva (npr. Maya, 3ds Max Design) in odprtoko-dna orodja (npr. Blender, Dust3D), ki omogočajo razvoj rešitev brez večjih začetnih stroškov za razvoj.

7.1 3D model

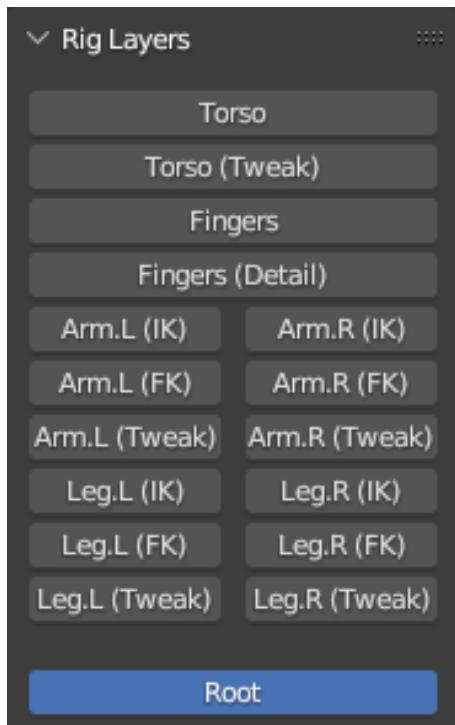
Pri uporabi modela in skeleta navideznega kretalca imamo izbiro med uporabo obstoječega modela ali kreacijo novega. Oba načina imata svoje prednosti in slabosti.

Če se uporablja obstoječ model, ki je lahko iz odprtega vira ali plačljiv, ga je razvijalec pogosto primoran prilagoditi glede na zahteve orodja, v katerem bo model uporabljen. Pogosto so takšni modeli precej splošni in so namenjeni za širok nabor uporabe. Vendar pa to v našem primeru ne pomaga bistveno, saj bi ravno tako potrebovali čas za prilagoditev obstoječega modela. Za razliko od tega, nam kreacija novega modela omogoča, da zagotovimo zahtevam, ki jih postavlja napredni slovar znakovnega jezika. To pomeni, da lahko damo ustrezен poudarek na detajle rok, dlani in obrazne mimike.

Zato smo se za naš napredni slovar odločili uporabiti obstoječ model iz dela [51], ki smo ga obravnavali pri pregledu področja v poglavju 5. Model, ki je prikazan na sliki 7.1, je bil izdelan v okolju Blender in je že delno optimiziran ter uporabljen za tolmačenje znakovnega jezika na omejenem naboru besed. Model je dovolj natančen in ima ustrezno oblikovan skelet, kar ga naredi primernega za animiranje tako enostavnih kot tudi bolj kompleksnih kretenj.



Slika 7.1: 3D model, izdelan v okolju Blender. Uporabljen za izdelavo animacij kretenj za omejeno besedišče.



Slika 7.2: Nivoji skeleta 3D modela Lynn v okolju Blender

7.1.1 Skelet

Obstajajo različni pristopi za animiranje 3D modelov. Neposredno lahko premikamo poligonsko mrežo modela ali pa ustvarimo in oblikujemo skelet, ki je prilagojen modelu. Slednji način je bolj primeren za animiranje kretenj, saj ima skelet manj kompleksno strukturo. Prinaša tudi druge prednosti, npr. večjo možnost standardizacije, manjšo porabo pomnilniškega prostora in lažji proces animiranja. V nasprotnem primeru je premikanje posameznih oglišč poligonske mreže zamudno, neintuitivno in težko ročno ponovljivo.

Skelet ima hierarhično strukturo. Kosti (ang. bones) skeleta so med seboj lahko povezane, njihov položaj, rotacija in raztezek pa so odvisni od samega položaja v hierarhiji. Navadno ima kost lahko enega predhodnika oz. starša (ang. parent bone) in naslednika oz. otroka (ang. child bone). Premik kosti vpliva na položaj vseh ostalih kosti, ki se nahajajo nižje po hierarhiji. Kosti

so lahko združene po nivojih, glede na vlogo in položaj v skeletu. Primer nivojev za 3D model Lynn je prikazan na sliki 7.2.

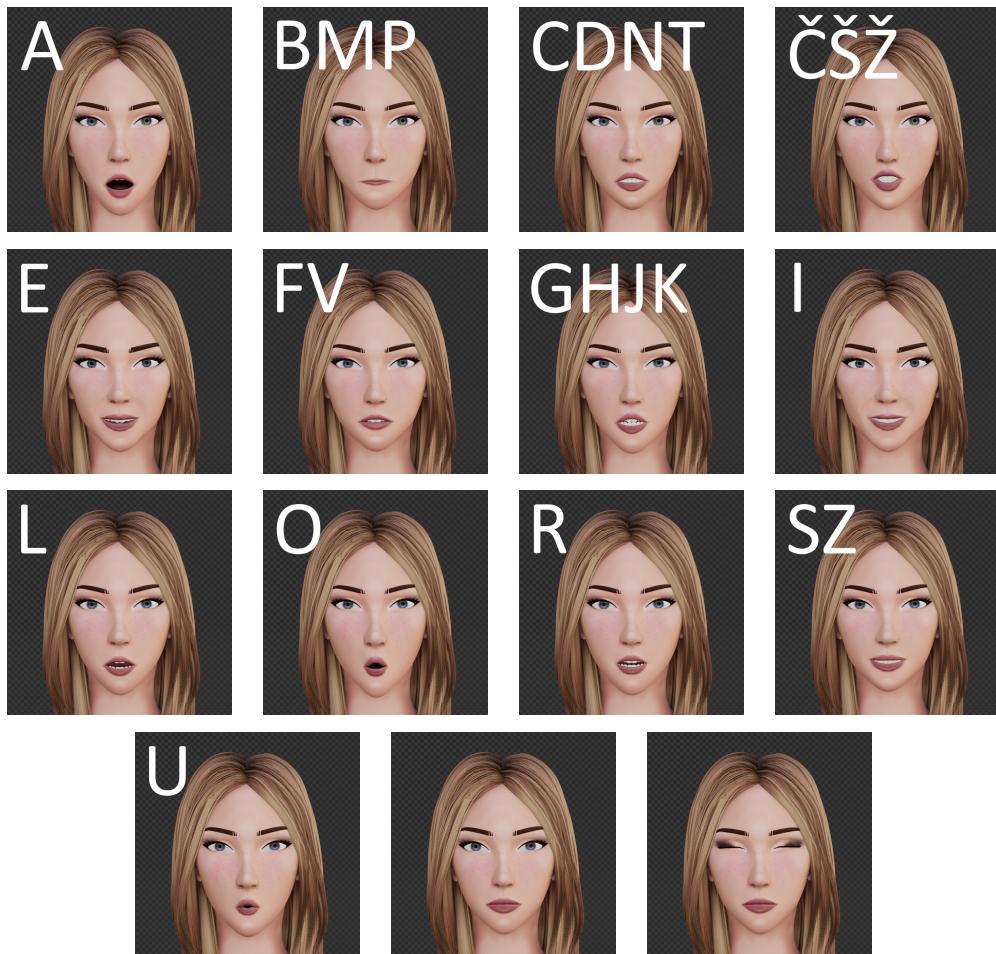
Težave se pojavijo, ko želimo dodati obrazno mimiko, ki vključuje tako mimiko ust kot ostale premike na obrazu, npr. mežikanje z očmi, dvig obrvi, smeh, izražanje čustev itd. Človek ima več kot 40 manjših obraznih mišic, s katerimi nadzorujemo obrazne izraze, ki nam omogočajo izražanje čustev. Za animacijo obrazne mimike bi bilo premikanje vseh obraznih kosti prezapleteno in časovno potratno. Za reševanje tega problema model uporablja ključe za spreminjanje oblik (ang. shape keys). Ti ključi lahko hranijo različne verzije oz. deformacije iste poligonske mreže. Vpliv posameznega ključa je zapisan kot vrednost med 0 in 1, kjer 0 predstavlja osnovni ključ z nedeformirano poligonsko mrežo, 1 pa predstavlja končno pozicijo deformirane mreže.

Različne ključe, prikazane na sliki 7.3, lahko poljubno kombiniramo med seboj [51]. Ta pristop nam zelo poenostavi postopek animiranja in nadzorovanja obrazne mimike.

7.2 Pristopi pri animiranju

Obstajajo različne tehnike in pristopi za izdelavo animacij kretenj v znakovnem jeziku. Ločimo jih lahko na dve glavni skupini - ročna animacija kretenj in avtomatizirana oz. postopkovna animacija.

Postopkovna animacija je avtomatiziran proces, kjer animacije generiramo na podlagi enega izmed obstoječih standardnih zapisov za znakovni jezik, recimo Stokoeva notacija ali HamNoSys, ki ga lahko pretvorimo v označevalni jezik (ang. markup language), npr. SiGML (ang. Sign Language Markup Language) [55], ki ga računalniki lahko interpretirajo. Skozi čas se je razvilo več različic označevalnih jezikov za potrebe generiranja animacij kretenj, kot npr. SWML (ang. SignWriting Markup Language). Ta način je praktičen in uporaben pri sistemih, ki ne zahtevajo velike natančnosti animiranih kretenj. Posledično se večinoma uporablja pri obveščevalnih sistemih



Slika 7.3: Prikaz ključev za spreminjanje oblik za vse črke slovenske abecede. Črke s podobno oz. identično obrazno mimiko so združene v en ključ. Desno spodaj se nahajata ključ za nevtralno obrazno mimiko in ključ za obraz z zaprtimi očmi.

ali prevajalnikih med govornim in znakovnim jezikom. Ena izmed prednosti takšnih sistemov je skalabilnost, saj lahko po implementaciji interpreterja označevalnih jezikov in generatorja animacij enostavno in hitro uvozimo oz. dodamo nove kretnje v sistem.

Nekoliko drugačen pristop je izdelava animacij preko zajema gibanja (ang. motion capture) tolmača. Zajeti podatki se lahko nato pretvorijo v označevalni

jezik ali pa se direktno aplicirajo na skelet 3D modela. Uspešnost tega pristopa je odvisna od kvalitete in natančnosti senzorjev za zajem gibanja, natančnosti zajetih kretenj tolmača ter ujemanja in prenosa zajetih podatkov na skelet 3D modela.

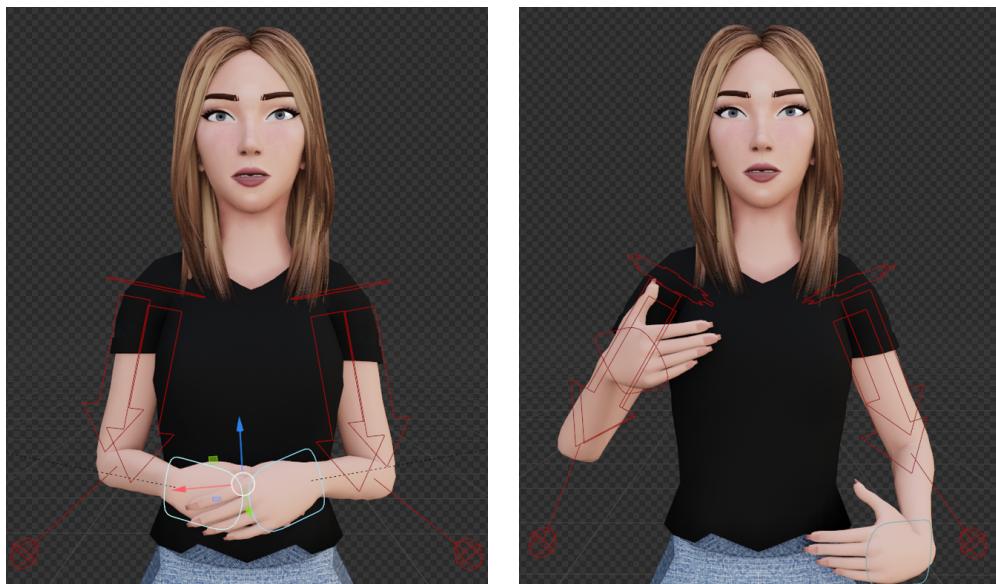
Ročna animacija kretenj je pristop, ki smo ga uporabili za animacijo kretenj omejenega nabora besed, ki nastopajo v naprednem slovarju znakovnega jezika. Razlog za uporabo tega pristopa je dejstvo, da nimamo na voljo sistema za zajem gibanja, ki je zelo drag. Poleg tega smo za osnovo vzeli video slovar SZJ, kar pomeni, da je ročna izvedba enakih kretenj najbolj optimalna.

Količina porabljenega časa za animiranje je odvisna od števila vsebovanih kretenj, kompleksnosti kretenj v znakovnem jeziku in nivoja natančnosti animiranih kretenj. Izhodišče za izdelavo animacij so lahko posnetki tolmačev iz ene ali več različnih perspektiv. Pri takem načinu je možnost napake ali odstopanja mogoče odpraviti. Posamezno kretanje lahko bolj dodelamo in dodamo bistveno več detajlov, kot pri ostalih pristopih.

Okolje Blender omogoča ročno izdelavo animacij, ki jih ustvarimo v urejevalniku animacij (ang. dopesheet) z uporabo ključnih okvirjev (ang. key frames). Pri izdelavi animacije ročno premikamo položaj in spremojemo rotacijo kosti 3D modela. Za posnemanje naravnega gibanja si pomagamo z matematičnim pristopom, imenovanim inverzna kinematika (ang. inverse kinematics). Ta rešuje problem računanja položaja vseh sklepov (ang. joints) in kosti oz. togih teles (ang. rigid body) v kinematični verigi (ang. kinematic chain), kjer na začetku določimo položaj in rotacijo enega izmed sklepov. Obstajajo različne matematične tehnike za rešitev problemov inverzne kinematike, pri čemer je izbira tehnike odvisna od omejitev in kompleksnosti samega sistema. Primer delovanja inverzne kinematike je prikazan na sliki 7.4.

7.2.1 Izdelava animacij kretenj

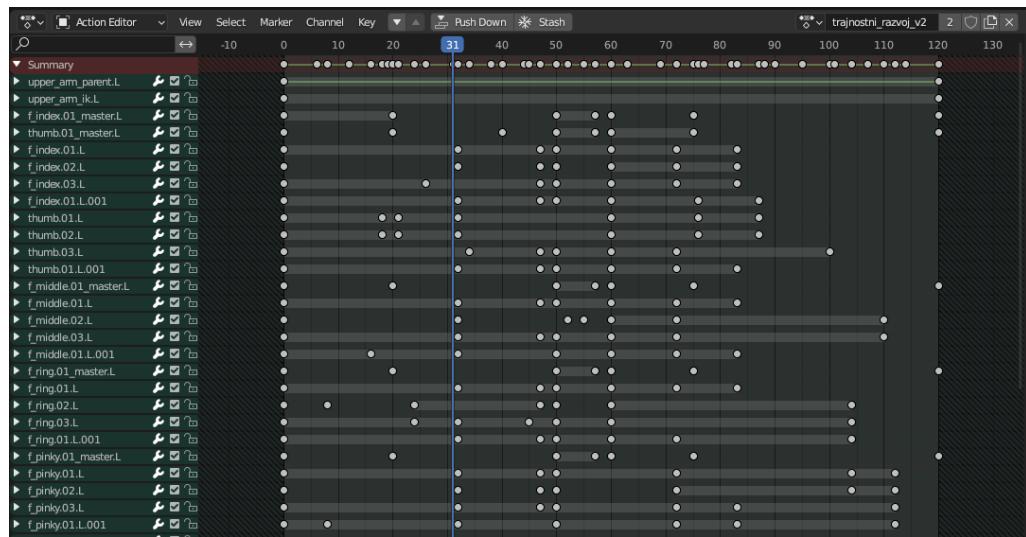
Kot izhodišče za izdelavo animacij so nam služili videoposnetki iz SSZJ [7]. Pri izdelavi nove kretanje najprej ustvarimo novo akcijo, ki jo postavimo na



Slika 7.4: Primer delovanja inverzne kinematike. Na levi sliki je 3D model v izhodiščnem položaju mirovanja (osnovna pozicija), na desni sliki pa se ob premiku obeh dlani s pomočjo inverzne kinematike določi položaj in rotacija komolcev ter ramen.

pripadajoč akcijski trak (ang. action strip) v zavihku za urejanje nelinearne animacije NLA (ang. nonlinear animation). Iz posnetka ugotovimo čas trajanja kretnje, v urejevalniku akcije (ang. action editor) pa na podlagi tega ocenimo število okvirjev ob predpostavki, da bomo prikazovali 50 okvirjev na sekundo. Kretanje se vedno začnejo in končajo v istem izhodiščnem položaju mirovanja, zato model najprej postavimo v osnovni položaj, kjer shranimo prvi ključni okvir. Slika 7.5 prikazuje urejevalnik akcij animacije, ki predstavlja kretnjo *trajnostni razvoj*.

Pomembno je, da delo animiranja izvajamo karseda sistematično. V nasprotnem primeru se lahko hitro zmedemo, ko imamo dovolj veliko število ključnih okvirjev posameznih sklepov in kosti, ki so časovno razpršeni. Zato smo sledili naslednjemu postopku pri izdelavi animacije posamezne kretnje brez obrazne mimike:



Slika 7.5: Urejevalnik akcije za animacijo, ki predstavlja kretnjo *trajnostni razvoj*.

1. priprava za zajem novega okvirja,
2. sprememba položaja in rotacije trupa ter glave,
3. sprememba položaja in rotacije rok,
4. sprememba rotacije prstov,
5. po potrebi določanje rotacije sklepov na prstu,
6. zajem okvirja.

7.2.2 Obrazna mimika

Animiranje obrazne mimike poteka preko ključev za spremenjanje oblik. V okolju Blender to lahko počnemo neodvisno od zgoraj opisanega postopka animacije kretnje. Uporabljen 3D model vsebuje 36 ključev za spremenjanje oblik, od tega je 13 ključev namenjenih različnim mimikam ust pri izgovarjanju črk slovenske abecede. Čeprav pri tej poznamo 25 črk, so podobne

mimike pri izgovarjanju posameznih črk združene v en sam ključ, kot je prikazano na sliki 7.3. Preostali ključi služijo korekciji 3D modela in izražanju čustev, kot so npr. sreča, smeh, jeza itd.

Če je pojem sestavljen iz več besed, je običajno tudi sama kretnja sestavljena iz več podkretenj, ki ustreza posameznim besedam. Zato moramo pri izdelavi animacije obrazne mimike sinhronizirati trajanje podkretnje s trajanjem izgovorjene besede.

Za akcijo, ki bo hranila animacijo obrazne mimike, ustvarimo nov trak v urejevalniku ključev za spremjanje oblik (ang. shape key editor). Dolžino traku s ključi za spremjanje oblik izenačimo z dolžino prej animirane kretnje na podlagi skeleta, ki ne vsebuje obrazne mimike. Na začetku nastavimo vpliv vseh ključev na 0. Pri tem lahko dodamo privzet obrazni izraz, npr. rahel nasmešek, ki izraža pozitivno razpoloženje. Nato zaporedno na trak dodajamo animacije izgovorjave črk in pri tem izkoriščamo prelivanje med ključi, da dosežemo tekočo animacijo. Primer traku animacije obrazne mimike je prikazan na sliki 7.6.

Tukaj je potrebno poudariti, da rezultat sprva ni nujno vedno zadovoljiv. Zato je potrebno izvesti popravke, npr. spremjanje časa trajanja nekaterih črkovnih ključev in prelivanje med njimi. Poleg tega so pri izgovorjavi besed nekatere črke lahko neslišne ali pa je izgovorjava besed rahlo drugačna od pisne oblike.

7.2.3 Izvoz iz okolja Blender v okolje Unity

Model in animacijo, ki smo ju izdelali v okolju Blender, je bilo potrebno izvoziti v okolje Unity. Kljub temu da sta ti dve orodji zelo priljubljeni in ju razvijalci pogosto uporabljajo pri razvoju videoiger, VR ter AR aplikacij, lahko pride do težav pri uvozu kompleksnih animacij. Blender ponuja različne podatkovne formate za izvoz, a le nekateri izmed teh podpirajo in lahko vsebujejo podatke o animaciji. To so formati filmbox (FBX), Alembic (ABC) in Collada (DAE). Od naštetih lahko v okolje Unity uvozimo le animacije v formatu FBX.

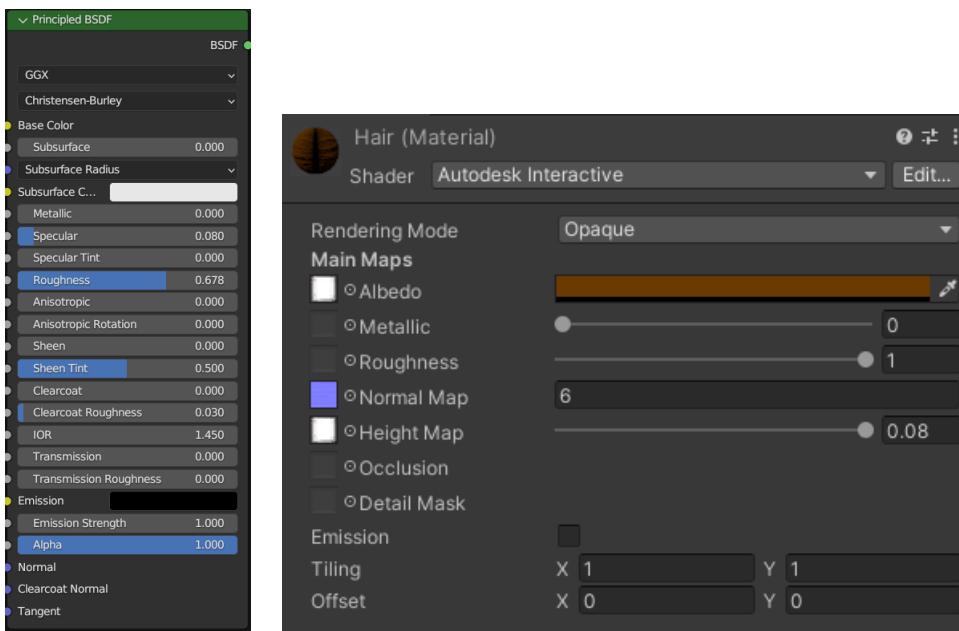


Slika 7.6: Urejevalnik trakov ključev za spremenjanje oblik v okolju Blender.

V našem primeru smo morali za izvoz skupaj združiti skeletne animacije in animacije obrazne mimike, ki so animirane s pomočjo ključev za spremenjanje oblik. Te se namreč nahajajo na ločenih kanalih *Lynn_model* in *Lynn_rig* v urejevalniku nelinearne animacije NLA. Trakovi, ki pripadajo posameznemu pojmu, se morajo časovno ujemati, da so pri izvozu iz okolja Blender v okolje Unity pravilno združeni. Za izvoz smo pripravili dve različici:

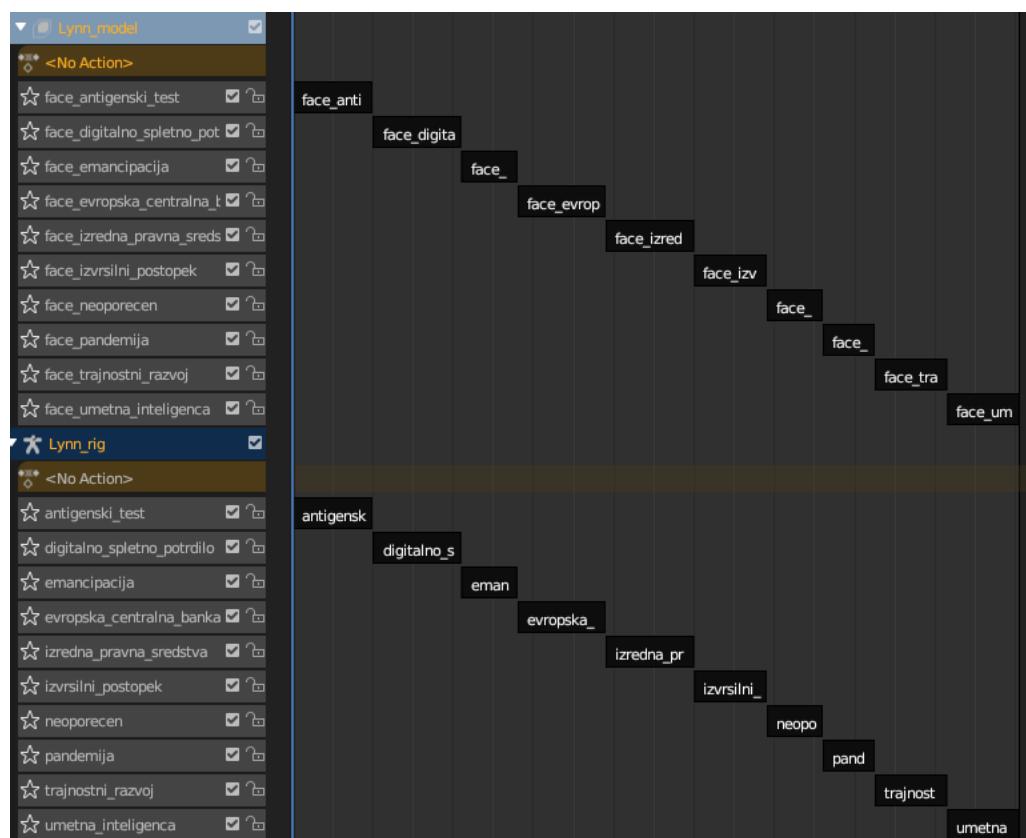
1. različica, ki vsebuje 3D model s skeletnimi animacijami in animacijami obrazne mimike (*Lynn_model* in *Lynn_rig*), katerega konfiguracija NLA je prikazana na sliki 7.8,
2. različica, ki vsebuje samo skeletne animacije brez obrazne mimike. V tem primeru smo izvozili samo kanal *Lynn_model*.

3D model uporablja tudi posebne materiale, ki so ustvarjeni v urejevalniku senčilnikov (ang. shader editor). Pogona za upodabljanje v okolju Blender, imenovana *cycles* in *eevee*, podpirata metodo BDSF (ang. bidirectional scattering distribution function), ki računa odboj svetlobe v odvisnosti od



Slika 7.7: Leva slika prikazuje element za metodo BDSF v okolju Blender, desna slika pa element za sestavo materiala v okolju Unity.

parametrov in konfiguracije materiala. Upodabljanje v okolju Unity poteka v realnem času in uporablja preprostejšo verzijo metode BDSF. Zaradi tega moramo tekstuure, ki določajo barvo (ang. color), preslikavo normal (ang. normal mapping) in zastiranje (ang. occlusion), najprej speči (ang. texture baking) ter jih nato ročno uporabiti pri kreaciji materialov v okolju Unity, kot je prikazano na sliki 7.7.



Slika 7.8: Kanala *Lynn_model* in *Lynn_rig* ter pripadajoči trakovi animacij obrazne mimike in trakovi skeletnih animacij v urejevalniku nelinearne animacije NLA.

Poglavlje 8

Uporabniški vmesnik slovarja

Glavna elementa naprednega slovarja znakovnega jezika sta uporabniški vmesnik UI (ang. user interface) in animirani 3D avatar, katerega model in animacije so bile izdelane v okolju Blender.

8.1 Funkcionalnosti slovarja

Uporabniški vmesnik slovarja ter njegovi elementi morajo biti ustrezeno oblikovani in dovolj veliki.

Upoštevati je potrebno, da glavni del slovarja predstavlja samo okno oz. pogled na avatarja, ki mora biti ustrezeno velik. Avatar ne sme biti prevelik ali premajhen. Skozi leta se je s priporočili, testiranjem in predlogi uporabnikov izoblikovala paleta barv, ki so primerne za barvo kože, las, oči, nohtov, ustnic, oblek in ozadja. Priporočeno je, da so oblačila nesvetleča in temnejših barv, ter da so rokavi majic daljši, kar zagotovi ustrezen kontrast in lahko v veliki meri pripomore k večji jasnosti pri opazovanju položaja rok, dlani in prstov.

Razmerje med površino okna, ki je namenjeno avatarju, in ozadja mora biti ustrezeno, da noben element ni moteč. Gumbi morajo biti prav tako ustrezeno veliki, imeti jasno in intuitivno grafiko, ki povzema funkcijo posameznega gumba. Cilj je, da se uporabnik hitro privadi in razume uporabniški vmesnik, ter da se ob uporabi slovarja ne sprašuje o pomenu gumbov.

Funkcionalnosti slovarja implementirajo naslednje skripte:

- skripta za krmiljenje funkcionalnosti povezane animacije,
- skripta za spremjanje perspektive,
- skripta za rotacijo avatarja,
- skripta za zrcaljenje avatarja.

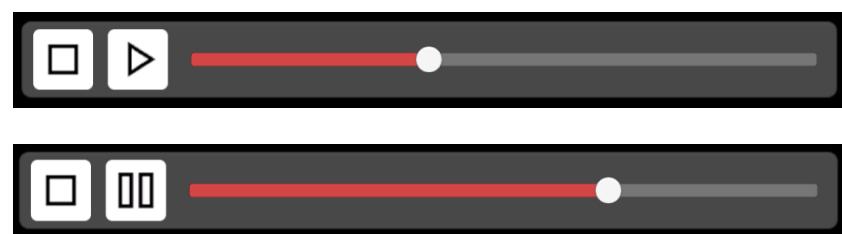
8.1.1 Funkcionalnosti povezane z animacijo

Skripta za krmiljenje animacije je najobsežnejša in implementira večino funkcionalnosti slovarja, ki so posredno povezane ali vplivajo na stanje krmilnika animacij (ang. animator controller) in komponento animator, ki je priključena elementu 3D avatarja.

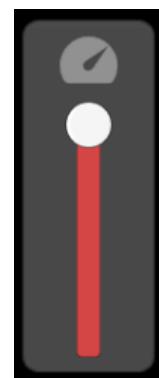
Prva in glavna funkcionalnost je možnost spremeljanja in spremjanja trenutnega časa animacije preko drsnika. Ta odraža trenuten čas glede na celoten čas trajanja animacije posameznega gesla v slovarju. To je uveljavljen pristop, ki ga lahko najdemo praktično v vseh video predvajalnikih in je prisoten tudi v SSZJ, saj je preprost in učinkovit način, da se uporabnik ustavi na točki animacije ali videa, ki si ga želi podrobneje ogledati. Poleg drsnika sta prisotna tudi gumb za skok na začetek animacije gesla ter gumb za začetek predvajanja (ang. play) ali ustavitev predvajanja (ang. pause). Oba primera sta prikazana na sliki 8.1. Poleg gumbov lahko predvajanje animacije upravljamo s pritiskom tipke za presledek (ang. spacebar).

Spreminjanje hitrosti predvajanja animacije se prav tako krmili preko drsnika, ki v komponenti animator nastavi vrednost spremenljivke hitrosti (ang. speed). Drsnik je prikazan na sliki 8.2.

Navigacija po slovarju oz. preklapljanje med gesli je izvedena preko dveh gumbov v obliki puščice levo in desno, kar prikazuje slika 8.3. Uporabiti je mogoče tudi smerni tipki (ang. arrow keys) levo in desno. Ker naš primer slovarja vsebuje samo 10 gesel, indeksiranje na podlagi črk ni bilo izvedeno,



Slika 8.1: Na slikah sta prikazana drsnik in dve stanji gumba za začetek ali ustavitev predvajanja animacije.

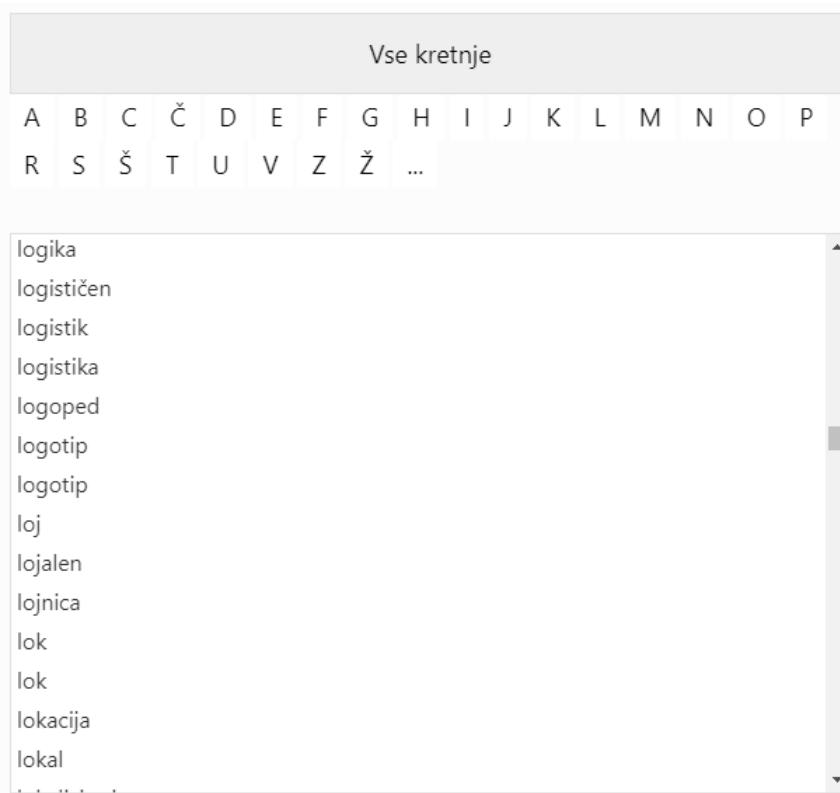


Slika 8.2: Drsnik za spremjanju hitrosti animacije, ki se nahaja spodaj levo od okna z avatarjem.



Slika 8.3: Del uporabniškega vmesnika slovarja z gumboma za navigacijo po slovarju oz. preklapljanje med različnimi gesli.

v primeru izdelave slovarja z večjim naborom kretenj, pa bi bilo tako indeksiranje smiselno implementirati. Primer indeksiranja iz SSZJ prikazuje slika 8.4.



Slika 8.4: Primer indeksiranja po črkah iz SSZJ.

8.1.2 Spreminjanje pogleda na avatarja

Skripta za spremembo perspektive skrbi za preklapljanje med tremi pogledi oz. kamerami, ki so prikazani na slikah 8.5. Slovar vključuje privzet oz. frontalen pogled, kot je v SSZJ, pogled na avatarja z vrha, ki omogoča boljši pregled nad kretnjo, oddaljenostjo rok od telesa in pozicijo v prostoru, ter pogled v obraz, ki zajame samo portret avatarja in je namenjen ogledu obrazne mimike.

8.1.3 Rotiranje 3D avatarja

Rotiranje 3D avatarja je pomembna funkcionalnost slovarja, saj omogoča poljuben kot pogleda na animacijo kretnje. To omogoča rahlo spremembo



Slika 8.5: Tri različne perspektive pogleda na avatarja v slovarju: frontalen pogled, pogled z vrha in pogled v obraz.

kota ali pa pogled z leve in desne strani, kar lahko pride prav v primeru, ko so podrobnosti kretnje skrite zaradi prekrivanja rok, prstov ali slabega kontrasta. Animacijo lahko ustavimo in si za določen trenutek podrobno ogledamo položaj rok, oddaljenost rok od telesa, položaj prstov, kot je npr. število iztegnjenih prstov, kakšen je položaj palca, ki se skriva za ostalimi prsti itd.

Za rotacijo avatarja skrbi skripta, ki je priključena na prosojen (ang. transparent) element, ki je postavljen nad okno s pogledom na avatarja. Ko kazalec (ang. cursor) lebdi nad tem elementom, se puščični kazalec spremeni v obliko, ki jo lahko opazimo poleg avatarja na sliki 8.6. To signalizira možnost rotiranja preko interakcije s klikom in premikom. Sama rotacija je omejena na 220 stopinj, od tega 110 stopinj v levo ali desno. S pritiskom na desno tipko računalniške miške (ang. computer mouse) se avatar postavi



Slika 8.6: Primera, ki prikazujejo rotacije avatarja v levo in desno pri kretanju pojma *centralen*. Pri obeh pogledih prsti na eni izmed rok niso vidni v celoti.

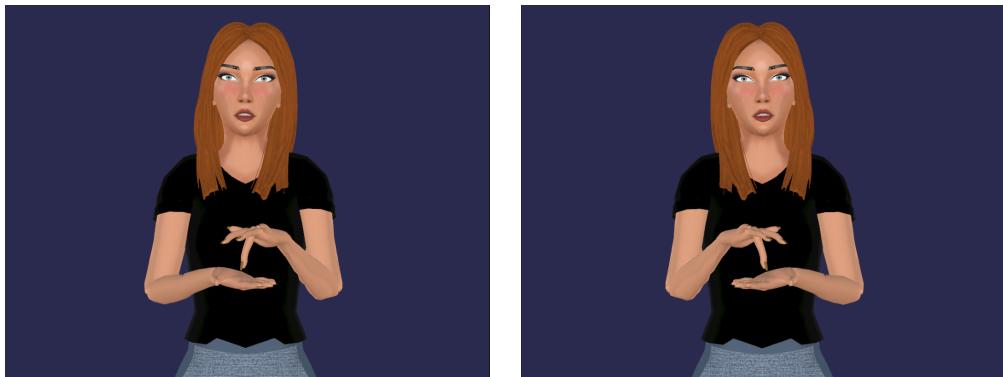
v privzeto začetno pozicijo, kjer je obrnjen točno proti kamери.

8.1.4 Zrcaljenje 3D avatarja

Zrcaljenje avatarja dosežemo tako, da avatarja skaliramo po osi x, pri čemer velikost 1 predstavlja desničarja, -1 pa levičarja. Primer zrcaljenja pri kretnji pojma *centralen* je prikazan na sliki 8.7. Možnost zrcaljenja avatarja smo uvedli iz dveh različnih razlogov.

Prvi razlog je ta, da poznamo tolmače in gluhe osebe, ki so levičarji ali desničarji, in si na ta način lahko prilagajajo oz. personalizirajo kretnjo in jo pravilno izvedejo. Večina gluhih in naglušnih je sicer navajena na kretnje odkretane v stilu desničarja, zato smo to izbrali kot privzeti način v slovarju.

Drugi razlog je ta, da je določenim uporabnikom pri učenju lažje gledati zrcalno sliko kretnje, ki bi se jo radi naučili. Tako lahko preprosto sledijo premikom rok avatarja na zaslonu in jim pri tem ni potrebno razmišljati o zrcaljenju premikov rok ter prstov v sami kretnji.



Slika 8.7: Primer zrcaljenja avatarja pri kretanju pojma *centralen*. Leva slika prikazuje kretnjo levičarja, desna slika pa kretnjo desničarja.

8.1.5 Prikaz pomoči

V slovarju je implementiran prikaz pomoči za funkcionalnosti, opisane v zgornjih podpoglavljih, z izjemo predvajalnih gumbov in drsnika za predvajanje. Pomoč v obliki teksta nad ozadjem se pojavi ob lebdenju kazalca miške nad gumbom ali odsekom. Slika 8.8 prikazuje način prikaza napisov za pomoč v uporabniškem vmesniku.

8.2 Scena

Celoten slovar s 3D avatarskim temelji na eni sami sceni *DictionaryScene*. V hierarhiji (ang. hierarchy) scene, ki je vidna na sliki 8.9, se uporablja sredstva, ki so uvožena v okolje Unity. Hierarhija se deli na tri glavne sklope:

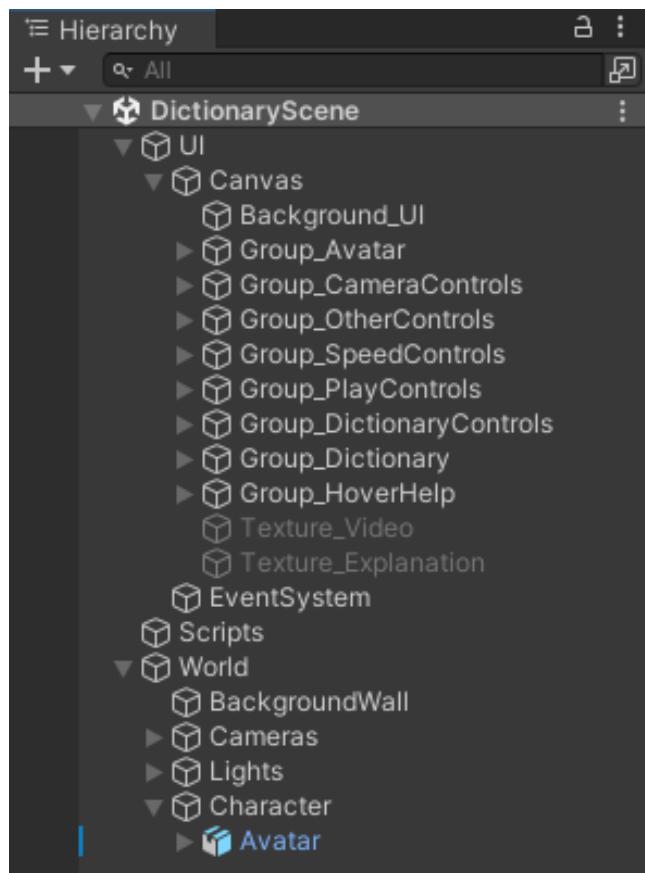
- uporabniški vmesnik (*UI*),
- skripte (*Scripts*),
- svet (*World*).



Slika 8.8: Pomoč, ki se prikaže, ko s kazalcem miške lebdimo nad gumbi.

8.2.1 Uvožena sredstva

Pri uvozu sredstev (ang. assets), ki bodo uporabljena v sceni in animatorju, je smiselno vse datoteke in grafične elemente odložiti v pripadajoč direktorij z imenom *assets*. Strukturo tega direktorija je smiselno razdeliti na logične sklope, kar olajša postopek kreacije scene in razvoj uporabniškega vmesnika, saj lahko scena vsebuje več sto sredstev. V ta namen smo kreirali dodatne poddirektorije, ki hranijo skripte (ang. scripts), materiale (ang. materials), ikone gumbov (ang. button icons), avatarje ter izpise, ki beležijo aktivnosti v uporabniškem vmesniku (ang. logs).



Slika 8.9: Hierarhija scene slovarja v okolju Unity.

Materiali

Izvoz 3D modela in animacij iz okolja Blender v format FBX lahko povzroči poenostavitev določenih karakteristik materialov, ki sicer izgledajo dobro v okolju Blender. Materiali se s tem popačijo in večinoma pretvorijo v enobarvne brez tekstur. Zaradi tega je potrebno te materiale rekonstruirati v okolju Unity.

Za preproste materiale je potrebno nastaviti albedo oz. koeficient odbojnosti, ki je mera za svetlobno odbojnost površine telesa in pove, kolikšen del vpadne svetlobe se odbije od površine telesa. Za kompleksnejše materiale, kot so npr. lasje, pa je potrebno uvoziti tudi sliko, ki hrani preslikavo nor-

mal in preslikavo globine. Primer nastavitev parametrov materiala za lase v okolju Unity je prikazan na desni sliki 7.7.

Poleg tega lahko nastavljamo tudi vrsto ostalih parametrov, npr. hravost (ang. roughnes), metaličnost (ang. metallic), zastiranje (ang. occlusion) itd. Za potrebe slovarja smo se odločili izključiti svetleče odboje (ang. specular highlights) in bleščeče odboje (ang. glossy reflections), saj vnašajo nepotrebne moteče dejavnike.

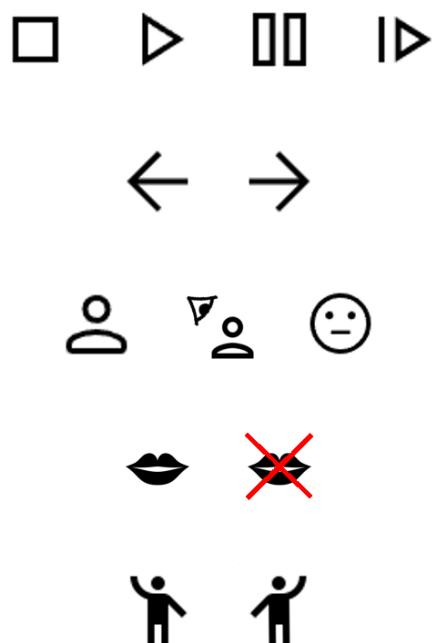
Ikone

Ikone so manjši grafični elementi, ki posredujejo informacijo oz. predstavljajo določene akcije ali funkcionalnosti na vizualen način. Izbira ikon, ki se pojavljajo na gumbih ali odsekih uporabniškega vmesnika, je pomembna z vidika privlačnosti, poleg tega pa morajo jasno izražati pomen in funkcijo posameznega gumba. Pri tem je smiselno izbrati uveljavljene ikone za gume, katerih funkcije so uporabljeni pri drugih slovarjih ali predvajalnikih. V nasprotnem primeru imajo lahko težave z upravljanjem uporabniki s pridruženimi vedenjskimi ali učnimi motnjami.

Zaradi tega smo za gume, kot so *predvajaj*, *prenehaj*, *prejšnji pojem*, *naslednji pojem*, oznake odsekov in indikator za rotacijo, uporabili ikone odprtega vira, ki jih ponuja Google. Te ikone se pojavljajo v različnih spletnih aplikacijah in storitvah, kar pomeni, da so že uveljavljene in jih je mogoče enostavno prepozнатi.

Za gume, ki nadzirajo vklop in izklop obrazne mimike, zrcaljenje avatara in spremembo perspektive pa v naboru ni bilo ustreznih grafičnih elementov, ki bi jasno ponazorili njihov pomen. V tem primeru je bilo najbolj smiselno izdelati nove ikone. Za kreacijo teh ikon smo uporabili hibriden pristop. Večino elementov, prisotnih v ikonah, smo vzeli iz grafičnih virov podjetja Google, medtem ko smo preostale elemente oblikovali ročno.

Vse ikone smo pred uvozom v okolje Unity še ustrezno obdelali, pripravili in prilagodili velikost. Pri tem smo uporabili brezplačen program za urejanje slik in fotografij Paint.NET, ki je na voljo za operacijske sisteme Windows.



Slika 8.10: Ikone gumbov uporabniškega vmesnika slovarja. V prvi vrstici so ikone, ki se pojavijo na gumbih v predvajalniku animacije. V drugi vrstici sta ikoni za navigacijo po slovarju oz. preklapljanje med gesli. V tretji vrstici so ikone, ki predstavljajo stanja na gumbu za sprememjanje perspektive. V četrtri vrstici sta ikoni gumba za vklop in izklop obrazne mimike, v zadnji peti vrstici pa ikoni gumba za zrcaljenje.

Na sliki 8.10 so prikazane ikone vseh gumbov, na sliki 8.11 pa ikone odsekov za perspektivo, hitrost in ostale funkcionalnosti.

3D model in animacije

3D model in animacije so shranjene v datoteki s formatom FBX, ki jo uvozimo v Unity. Uvoženo sredstvo nato postavimo v sceno, kjer je to v tem primeru samo 3D model. Pri postavitvi smo izključili sence na 3D modelu ter preprečili oddajanje senc 3D modela na zid v ozadju, da to ne bi motilo uporabnika.

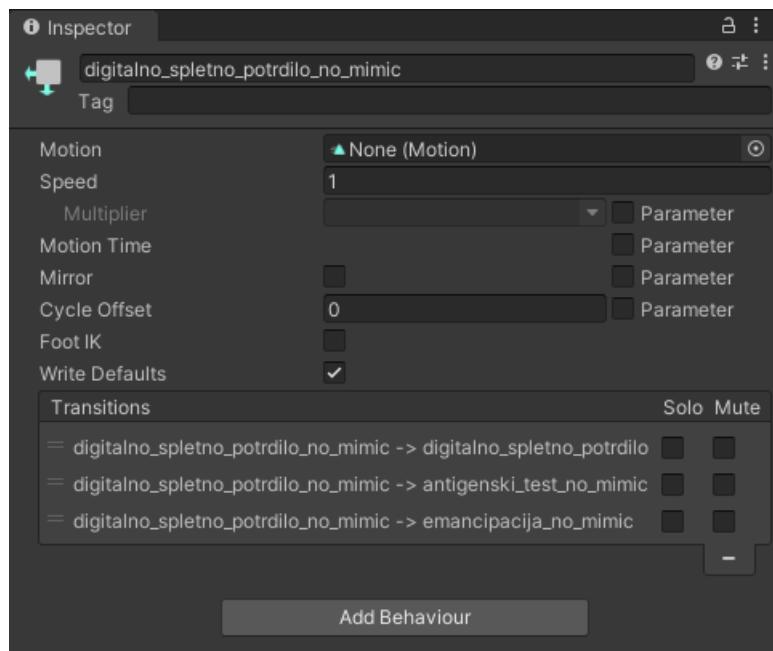


Slika 8.11: Ikone, ki označujejo pomen posameznega odseka uporabniškega vmesnika. Ikona, ki predstavlja oko, označuje odsek, ki je namenjen perspektivi. Sredinska ikona, ki predstavlja merilnik, označuje odsek, kjer se nahaja drsnik za spremembo hitrosti. Ikona zobnik pa označuje odsek namenjen gumboma za vklop in izklop obrazne mimike ter zrcaljenja.

Animacije so dodeljene ločeno v zavihku *Animator*. Za potrebe slovarja smo uvozili dva tipa animacij - animacije, ki vsebujejo kretnje skupaj z obrazno mimiko, ter animacije, ki so brez obrazne mimike. To nam omogoča realizacijo funkcionalnosti vklopa in izklopa obrazne mimike.

Za apliciranje animacije kretnje posameznega gesla na 3D model moramo ustvariti novo stanje (ang. state) v zavihku *Animator*. Tako dobimo 10 stanj, ki pripadajo posameznemu geslu. Stanja lahko zamenjamo z uporabo prehoda (ang. transition), ki ga ustvarimo tako, da iz trenutnega stanja ustvarimo usmerjeno povezavo na naslednje željeno stanje. Konfiguriramo lahko pogoje in lastnosti prehoda. V našem primeru želimo, da je prehod jasen in hiter, zato za vse prehode onemogočimo izhodni čas, kar je prikazano na sliki 8.12.

Prehod se zgodi le, če so izpolnjeni pogoji, ki smo jih določili. Ti pogoji so v obliki spremenljivk, katere spremenjamo v skripti, ki krmili animacijo. Za naše potrebe smo ustvarili celoštevilsko spremenljivko (ang. integer) *AnimationCounter*, katere vrednost ustreza posameznemu geslu v slovarju, ter logično vrednost (ang. boolean) *MimicBool*, ki preklaplja med animacijo z ali brez obrazne mimike. S tem smo število stanj povečali iz 10 na 20, saj sta za vsako geslo na voljo po dve animaciji. Na sliki 8.13 lahko vidimo končni graf stanj in prehode med njimi.

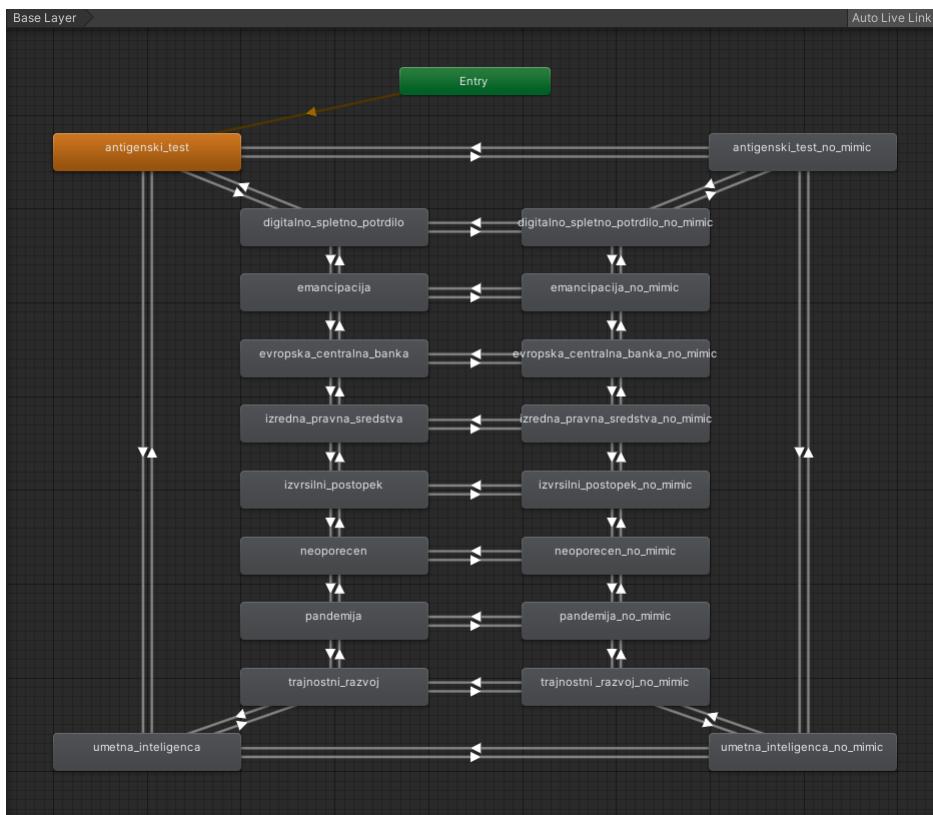


Slika 8.12: Konfiguracija prehoda med stanji v zavihu *Animator* v okolju Unity.

8.2.2 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik je razdeljen na sklope oz. skupine (ang. groups). Skupina lahko vsebuje gumbe z ikonami, ikono posameznega odseka oz. skupine, elemente in tekst s pomočjo ter druge redke posebne elemente. Elementi so enakomerno razporejeni okoli okna s pogledom na avatarja.

Velikost uporabniškega vmesnika je prilagojena za visoko ločljivost (Full HD), pri kateri se je izvajalo tudi uporabniško testiranje. Na ta način zagotavljamo, da je prostor uporabniškega vmesnika dovolj velik, da lahko vanj umestimo vse elemente uporabniškega vmesnika brez prenatrpanosti. Izgled uporabniškega vmesnika je prikazan na sliki 8.14.



Slika 8.13: Končni graf stanj in prehodov med njimi v zavihku *Animator* v okolju Unity.

8.2.3 Skripte

Večino skript, ki so aktivne v sceni, smo že obdelali v podoglavlju 8.1, ki opisuje funkcionalnosti slovarja. Preostali sta še skripti za spreminjanje barvne palete uporabniškega vmesnika in beleženje aktivnosti v dnevnik.

Spreminjanje barvne palete elementov slovarja (barva ozadja, gumbov, odsekov in črk) sicer ni na voljo končnemu uporabniku, vendar nam razvidljalcem močno olajša postopek eksperimentiranja z različnimi barvami. V nasprotnem primeru bi morali elementom ročno spremeniti barvo, kar je časovno zelo zamudno opravilo. Manjša spremembra barvnega odtenka lahko močno vpliva na celotno percepcijo, na ta način pa lahko hitreje s poskušanjem



Slika 8.14: Končni izgled uporabniškega vmesnika slovarja.

pridobimo ustrezno barvno paletto uporabniškega vmesnika.

Omeniti velja tudi skripto za beleženje uporabniških aktivnosti npr. klickov na gumb in uporabo drsnikov. Iz tega lahko hitro pridobimo grobo oceno uporabnosti funkcionalnosti, kot je npr. sprememba perspektive, vklop in izklop obrazne mimike, možnost zrcaljenja ali spremembe hitrosti predvajanja.

Poglavlje 9

Merjenje uporabniške izkušnje

V sklepni fazi smo implementirani prototip slovarja SZJ z avatarjem primerjali z obstoječim SSZJ. Pri zasnovi testnega scenarija in izbiri oseb, ki so bile vključene v testiranje, smo se odločali med različnimi možnostmi. Lahko bi uporabili osebe, ki SZJ ne poznajo. Na ta način bi lahko neposredno primerjali uspešnost učenja med obema slovarnjema. Vendar pa je slovar slovenskega znakovnega jezika primarno namenjen gluhim in naglušnim, čeprav ga lahko uporabljam tudi ostali. Poleg tega je prav skupina gluhih in naglušnih tistih, ki se s tem področjem več ukvarja, ga bolje pozna in lahko poda bolj kredibilno oceno o sami rešitvi slovarja z avatarjem.

Izdelava obsežnega slovarja s 3D animiranim avatarjem v sklopu samega magistrskega dela ni bila mogoča. Največjo omejitev je predstavljal predvsem čas izdelave animacij kretenj, ki smo jih črpali iz obstoječega spletnega video slovarja. Za samo primerjavo je bilo najbolj smiselno uporabiti iste kretnje kot v SSZJ. Testni uporabniki lahko na ta način neposredno primerjajo kretnjo v obeh slovarjih, pri tem pa zmanjšamo možnost pristranskosti, ki bi se lahko pojavila v rezultatih zaradi subjektivnih preferenc glede načina kretanja določenega pojma iz slovarja. Za nekatere pojme namreč obstajajo različne variacije kretenj. Poleg same izdelave kretenj smo bili omejeni tudi s časom, namenjenim posameznemu sodelujočemu v testiranju, ki je bil v grobem omejen na pol ure.

Scenarij testiranja in zgoraj omenjene omejitve so nas spodbudile, da izberemo čim bolj raznolike in kompleksne pojme, ki bi v največji meri odražali tako zmogljivosti kot morebitne pomanjkljivosti naše rešitve. Zato smo se ob posvetu z gluhimi in tolmačema slovenskega znakovnega jezika odločili za naslednje pojme:

- antigenski test,
- digitalno spletno potrdilo,
- emancipacija,
- evropska centralna banka,
- izredna pravna sredstva,
- izvršilni postopek,
- neoporečen,
- pandemija,
- trajnostni razvoj,
- umetna inteligenco.

9.1 Potek testiranja

Uporabniško testiranje je potekalo v sobi za demonstracije naprednih multi-medijskih rešitev v prostorih Laboratorija za multimedijo na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Pri testiranju je bil prisoten tolmač, ki je udeleženim posredoval navodila testiranja, nam pa posredooval in tolmačil njihove povratne informacije. Te smo anonimno beležili vzporedno s testiranjem. Vsak sodelujoči je imel na voljo približno pol ure za celotno testiranje.

Na začetku smo sodelujoče vprašali, ali poznajo obstoječ video slovar SZJ. Na podlagi njihovega odgovora smo jim ustrezno pojasnili idejo in motiv naše

rešitve slovarja z avatarjem. Predstavili smo jim delovanje slovarja, njegove funkcionalnosti in prednosti, ki jih rešitve z avatarjem ponujajo.

Sledil je naslednji sklop testiranja, kjer smo sodelujočim najprej pokazali kretnjo v SSZJ in jih vprašali, ali so s kretnjo seznanjeni. Če kretnje niso poznali, so pomen kretnje poskušali razumeti preko razlage v slovarju z avatarjem. V primeru, da jim ta razlaga ni pomagala, jim je pri razumevanju kretnje pomagal tolmač. Kretnjo so si nato lahko poljubno ogledovali v slovarju z avatarjem. Pri tem so lahko preizkusili različne perspektive in si nastavili poljubno hitrost predvajanja animacije. V primeru, da določene podrobnosti kretnje niso bile popolnoma jasne, so si pomagali z rotacijo. Spodbudili smo jih tudi, da poskušajo razbrati pomen kretnje samo preko ogleda ustne mimike. Ta postopek smo ponovili za vseh 10 animiranih kretenj.

Potem smo sodelujoče povabili k reševanju vprašalnika, ki je bil vsebinsko ločen na tri sklope:

- demografski podatki,
- splošni podatki,
- splošna vprašanja v zvezi z animiranim avatarjem,
- primerjava s SSZJ.

Demografski del je bil anonimiziran in je služil kot pomoč pri interpretaciji rezultatov iz ostalih delov vprašalnika. Splošni podatki so zajemali vprašanja glede pogostosti uporabe digitalnih naprav, razumevanja in tekočega branja besedila slovenskega jezika, sposobnosti branja iz ustnic in poznavanja ter pogostosti uporabe SSZJ. Čeprav ta del ni neposredno povezan z evalvacijo naše rešitve, lahko pomaga razkriti probleme oz. pristranskosti, ki bi lahko nastale ob neenakomerni porazdelitvi vzorca vprašanih.

Pri splošnih vprašanjih o avatarju so vprašani podali oceno uporabnosti za 5 funkcionalnosti:

- možnost spremicanja hitrosti kretanja,

- možnost rotiranja avatarja,
- možnost pogleda v obraz,
- možnost izklopa obrazne mimike,
- možnost zrcaljenja levičar/desničar.

Ocene so bile izbrane na lestvici od -3 do 3. Ocena -3 je pomenila, da je funkcionalnost povsem neuporabna, ocena 3 pa je pomenila, da je funkcionalnost zelo uporabna.

V zadnjem delu vprašalnika so vprašani podali oceno, s katero so obstoječi SSZJ primerjali z našo rešitvijo z avatarjem. Ta sklop je vseboval 3 vprašanja:

- Katera od oblik slovarja se vam zdi vam zdi bolj uporabna za učenje?
- Pri kateri od oblik slovarja je bolj razumljiva kretinja rok?
- Pri kateri od oblik slovarja je bolj razumljiva obrazna mimika?

Ocene so bile izbrane na lestvici od -3 do 3. Ocena -3 je pomenila, da je bil boljši oz. bolj razumljiv SSZJ. Ocena 0 je pomenila, da med slovarji ni razlike. Ocena 3 pa je pomenila, da je bil boljši slovar z avatarjem.

V primeru, da za zgoraj opisan scenarij nismo porabili celotnega namenjenega časa, smo sodelujoče pozvali k podajanju dodatnih komentarjev, opazk, želja ali kritik.

9.2 Rezultati testiranja

Pri testiranju je sodelovalo 14 oseb, pri čemer sta bila oba spola enako zastopana. Najnižja starost je bila 16 let, najvišja pa 57. Povprečna starost je znašala 41.2 let, mediana pa 42.5 let, standardna deviacija pa je bila 11.7 let. Polovica vprašanih je imela fakultetno izobrazbo, medtem ko je druga polovica zaključila gimnazijo ali poklicno šolo. Vsi sodelujoči uporabljajo telefon ali računalnik vsak dan.

Tabela 9.1: Statistični podatki ocen vprašanj o funkcionalnostih slovarja z animiranim avatarjem.

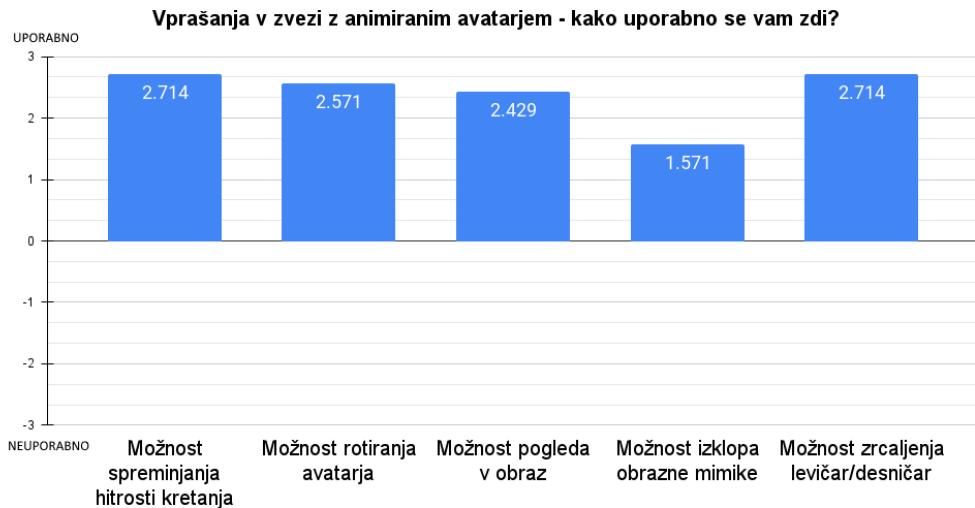
uporabnost od -3 do 3	povprečje	mediana	std. dev.
Spreminjanje hitrosti kretanja	2.714	3	0.726
Rotiranja avatarja	2.571	3	1.158
Pogled v obraz	2.429	3	0.852
Izklop obrazne mimike	1.571	1.5	1.697
Zrcaljenje levičar/desničar	2.714	3	0.611

Tabela 9.2: Statistični podatki ocen vprašanj o primerjavi SSZJ in slovarja z animiranim avatarjem.

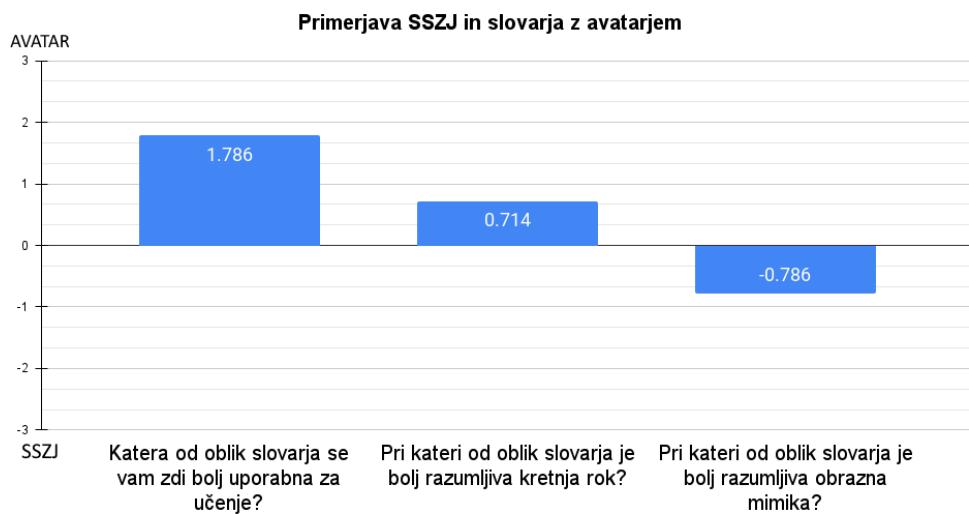
primerjava SSZJ - Avatar (-3 do 3)	povprečje	mediana	std. dev.
Katera od oblik slovarja se vam zdi bolj uporabna za učenje?	1.786	2.5	1.477
Pri kateri od oblik slovarja je bolj razumljiva kretnja rok?	0.714	0.5	1.684
Pri kateri od oblik slovarja je bolj razumljiva obrazna mimika?	-0.786	-1	2.225

Vsi sodelujoči znajo tekoče brati besedila slovenskega jezika in poznajo SSZJ, katerega večinoma uporablajo le občasno ali zelo redko, kadar se želijo naučiti ali preveriti določeno kretnjo. Velika večina se pri razumevanju govorenega jezika v določeni meri zanaša na branje ustnic, vendar le pod pogojem, da je govorec jasen in izraža besede z odprtimi ustmi med govorjenjem.

Rezultate drugega dela vprašalnika prikazuje graf na sliki 9.1 in razpredelnica 9.1. Vsi uporabniki so ocenili vse funkcionalnosti slovarja kot uporabne. Rahlo odstopanje je opazno pri funkcionalnosti vklopa in izklopa ustne mimike. Na podlagi splošnih komentarjev smo ugotovili, da bi večina vprašanih želela imeti obrazno mimiko vklopljeno ves čas. Nekateri so sicer poudarili,



Slika 9.1: Graf, ki prikazuje povprečje ocen vprašanj o funkcionalnostih slovarja z animiranim avatarjem.



Slika 9.2: Graf, ki prikazuje povprečje ocen primerjave SSZJ in slovarja z animiranim avatarjem.

da je možnost izklopa mimike dobra za slabovidne, ki jih lahko preveč premikajočih elementov zmoti pri ogledu.

Rezultate primerjave med SSZJ in slovarjem z avatarjem prikazujeta graf na sliki 9.1 in razpredelnica 9.1. Povprečna ocena za drugo vprašanje je bila 1.786, kar kaže na to, da se je udeležencem zdel slovar z avatarjem bolj uporaben za učenje. Bolj neodločeni so bili pri vprašanju o primerjavi razumljivosti kretanj, katerega povprečna ocena znaša 0.714 v korist slovarja z avatarjem. Pri sami razumljivosti branja z ustnic in obrazne mimike pa rezultati (povprečje -0.786 v korist SSZJ) potrjujejo, da animacija le-te ni bila na dovolj visokem nivoju. Poudariti velja, da imajo vsa tri vprašanja visoko varianco, kar pomeni, da so se ocene med udeleženci precej razlikovale.

To potrjujejo tudi njihovi splošni komentarji in podane povratne informacije. Pogosto so udeleženci imeli težave, če so imeli podano samo obrazno mimiko. Večinoma so v tem primeru razumeli le del pojma oz. določene besede iz kretnje. To smo tudi pričakovali zaradi treh razlogov. Prvi razlog je ta, da sama obrazna mimika ni bila animirana dovolj natančno, da bi le-ta posebej omogočala prepoznavo kretnje. Drugi razlog pa predstavljajo težave pri izvozu samega modela. Okolje Blender namreč ne podpira izvoza animiranih modelov, ki poleg ključev za spreminjanje oblik uporablja dodatne modifikatorje (ang. modifiers). Tretji razlog je ta, da je branje z ustnic bistveno lažje, če je kontekst znan in oseba govori v stavkih. Modifikator za poddelitev površin (ang. subdivision surface modifier) poveča število poligonov in posledično močno izboljša vizualno kakovost modela. To se pozna, ko gledamo avatar iz bližine, npr. pri pogledu na obraz. Večje odstopanje pri primerjalnih vprašanjih lahko pripisemo tudi osebni naklonjenosti določenim karakteristikam kretanj, slovarja, modela ali animacij.

Nekateri so izrazili nezadovoljstvo glede izvedbe določenih kretenj v SSZJ, ki bi jih sami odkretali drugače, npr. *digitalno spletno potrdilo, evropska centralna banka* in *izvršilni postopek*. Omeniti velja, da je več udeležencev imelo težavo z razumevanjem pojmov *emancipacija* in *izvršilni postopek*. Pri določenih gibih rok so opazili manjše nepravilnosti, ki pa jih je mogoče re-

lativno hitro popraviti. Pogosto smo naleteli na situacijo, kjer bi udeleženci odkretali kretnje nekoliko ali celo popolnoma drugače. Nekateri udeleženci so izrazili željo po določenih popravkih na samem avatarju, na primer večjem kontrastu med lasmi in barvo majice, manj izraziti barvi oči, šibkejši belini zob, krajsih nohtih z bolj nevtralno barvo, itd. Čeprav so razumeli vse animirane kretnje, nekatere niso bile dovolj tekoče. Glede razlage pojmov bi si nekateri udeleženci žeeli tudi primer uporabe v povedi. Prav tako bi koristilo, če bi bila ob razlagi prisotna skica za lažje razumevanje pojma. Večkrat je bilo izpostavljeno, da se v praksi pogosto izvede kretnjo drugače, kot je prikazana v SSZJ.

V splošnem so bili udeleženci zadovoljni in so izkazali pozitiven odnos do slovarja z avatarjem. Dva sta izpostavila, da ju navdušuje možnost personalizacije, ki jo omogoča avatar. Večina je bila navdušena nad možnostjo rotacije in spremembe perspektive ter izrazila mnenje, da bi takšen tip slovarja bil bolj privlačen za otroke, ki se učijo SZJ.

Poglavlje 10

Zaključek

Na prvi pogled se morda zdi, da je izdelava slovarja znakovnega jezika s 3D animiranim avatarjem relativno trivialna naloga, a kot smo lahko spoznali, to ne drži. Sam problem in implementacija rešitve zahtevata ustrezno znanje na področju modeliranja, animiranja, izdelave uporabniških vmesnikov ter dobro poznavanje področja dostopnosti in potreb skupine gluhih. Na žalost pa se pogosto zgodi, da te potrebe ostanejo neuslišane.

Uporaba avatarja lahko za učenje znakovnega jezika prinese več prednosti. Količina informacij, ki jih lahko pridobimo z ogledom kretnje v 3D, je mnogo večja kot v preprostem video slovarju. Poleg tega ima format zapisa animacije številne prednosti v primerjavi z video formatom, katerega vsebino po snemanju težko spremojamo in popravljamo. Animacijo lahko iterativno popravljamo vse dokler končni rezultat ni tehnično in vsebinsko pravilen oz. ustrezen. Omogoča nam tudi standardizacijo in uporabo na različnih 3D modelih z različnim izgledom, če si ti delijo iste dimenzije in karakteristike skeleta. Pomembno je, da si že na začetku pripravimo načrt implementacije, določimo arhitekturo ter način dodajanja novih pojmov oz. kretanj v slovar. V nasprotnem primeru lahko hitro naletimo na tehnične ovire in težave z združljivostjo, ki se pojavijo pri uporabi različnih razvojnih okolij ali formatov.

Čeprav je uporabniški vmesnik slovarja relativno preprost, je bilo veliko

truda vloženega v optimizacijo in poenostavitev vmesnika, da je ta na koncu izpadel privlačen, intuitiven ter preprost za uporabo. Največ časa in dela pa je bilo vloženega v izdelavo animacij in kasnejše popravke le-teh. Testiranje je potrdilo naše domneve, da je taka rešitev zelo dobrodošla v svetu gluhih. Udeleženci so prepoznali potencial, ki ga tak slovar ima. Nekoliko nas je presenetil odziv na nekatere kretnje v video slovarju slovenskega znakovnega jezika, s katerimi se udeleženci niso strinjali in so predlagali popravek kretenj ter uporabo takih, ki se uporablajo v praksi. Poleg tega so podali veliko konstruktivnih povratnih informacij, ki se bodo lahko upoštevale pri nadalnjem razvoju in testiranju posodobljenih rešitev.

Poudariti velja, da gre za prvi poskus izdelave slovarja z avatarjem za SZJ. Za širšo uporabo bi bilo potrebno nadgraditi slovar in izboljšati način izdelave animacij ter ugotoviti optimalen način dodajanja novih pojmov v slovar. Uporaba rokavic s senzorji za zajem gibanja rok in prstov bi lahko predstavljalna prednost pred ročnim animiranjem kretenj, omogočala bi hitrejše polnjenje slovarja z novimi pojmi, kretnje pa bi bile natančnejše in naravnnejše. Za posamezen pojem bi lahko dodali prikaz različnih variacij kretenj, s čimer bi približali slovar tistim, ki menijo, da se same kretnje preveč razlikujejo od tistih, ki so uveljavljene v praksi.

Eden od aspektov, ki bi ga bilo potrebno dodatno raziskati, je možnost personalizacije avatarja. Podrobneje bi bilo treba ugotoviti, kaj vse bi ljudje želeli spremenjati in prilagajati na samem avatarju ter kako in katere nastavitev jim dati na voljo, da sistem ne bi bil preveč zapleten in bi hkrati omogočal raven personalizacije, ki si jo uporabniki želijo.

Model 3D avatarja tako predstavlja dobro osnovo za nadaljnje delo, pri čemer je ključno upoštevanje vseh ugotovitev in predlogov sodelujočih gluhih udeležencev. Upamo, da se bodo v prihodnosti zagotovila finančna sredstva, ki bi omogočila nadaljnji razvoj tega področja in še boljše zagotavljanje položaja gluhih oseb v naši družbi.

Literatura

- [1] A. Petrosyan, Number of internet users worldwide from 2005 to 2022, <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [2] M. M. Group, INTERNET GROWTH STATISTICS, <https://www.internetworldstats.com/emarketing.htm>, [Dostopano: 23.10.2023] (2022).
- [3] W. H. Organization, Disability, https://www.who.int/health-topics/disability#tab=tab_1, [Dostopano: 23.10.2023] (2022).
- [4] European Accessibility Act, https://en.wikipedia.org/wiki/European_Accessibility_Act, [Dostopano: 23.10.2023].
- [5] Zakon o dostopnosti spletišč in mobilnih aplikacij (ZDSMA), <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAK07718>, [Dostopano: 23.10.2023] (2018).
- [6] A. V. Zorman, (Ne)izvajanje Zakona o dostopnosti spletišč in mobilnih aplikacij, <https://www.rtvslo.si/dostopno/clanki/ne-izvajanje-zakona-o-dostopnosti-spletisc-in-mobilnih-aplikacij/668615>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [7] Z. društev gluhih in naglušnih Slovenije, SLOVAR SLOVENSKEGA ZNAKOVNEGA JEZIKA IN SLOVNICE, <https://zveza-gns.si/slovar-slovenskega-znakovnega-jezika/>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).

- [8] Deafness, <https://en.wikipedia.org/wiki/Deafness>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [9] Slušna prizadetost, https://sl.wikipedia.org/wiki/Slu%C5%A1na_prizadetost, [Dostopano: 23.10.2023].
- [10] Z. za osebno asistenco slovenije, Gluhota in naglušnost, <https://osebna-asistenca.si/gluhota-in-naglusnost/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [11] Diagnostični Avdiometer, <https://innorennew.eu/sl/equipment/diagnostic-audiometer/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [12] Z. društov gluhih in naglušnih Slovenije, GLUHOST, <http://zveza-gns.si/o-zvezi/o-gluhoti/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [13] Gluhost, <https://zveza-gns.si/o-zvezi/o-gluhoti/>, [Dostopano: 28.11.2023].
- [14] Z. društov gluhih in naglušnih Slovenije, KAJ JE ZNAKOVNI JEZIK?, <https://zveza-gns.si/slovar-slovenskega-znakovnega-jezika/kaj-je-znakovni-jezik/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [15] Slovar slovenskega knjižnega jezika - UVOD, https://fran.si/130/sskj-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika/datoteke/SSKJ_Uvod.pdf, [Dostopano: 23.10.2023].
- [16] Slovar slovenskega knjižnega jezika, https://sl.wikipedia.org/wiki/Slovar_slovenskega_knji%C5%BEnega_jezika, [Dostopano: 23.10.2023].
- [17] Slovar slovenskega znakovnega jezika, https://www.termania.net/slovarji/298/Slovar_slovenskega_znakovnega_jezika?query=farmar&sl=61, [Dostopano: 23.10.2023] (2021).

- [18] F. Siol.net, Gluhi so jezikovna in kulturna manjšina s svojim lastnim jezikom, <https://siol.net/novice/slovenija/gluhi-so-jezikovna-in-kulturna-manjsina-s-svojim-lastnim-jezikom-615160>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [19] L. Cempre, A. Bešir, F. Solina, Dictionary of the slovenian sign language on the www, Vol. 7946, 2013. doi:10.1007/978-3-642-39062-3_15.
- [20] International Sign, https://en.wikipedia.org/wiki/International_Sign, [Dostopano: 23.10.2023].
- [21] S. Bandur, American Sign Language, https://en.wikipedia.org/wiki/American_Sign_Language, [Dostopano: 23.10.2023].
- [22] Ustava Republike Slovenije (URS), <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=USTA1>, [Dostopano: 23.10.2023] (2014).
- [23] S. Bandur, Velik dosežek za slovenski znakovni jezik: 62.a člen ustave, <https://www.delo.si/novice/slovenija/velik-dosezek-za-slovenski-znakovni-jezik-62-a-clen-ustave/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [24] History of sign language, https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_sign_language, [Dostopano: 23.10.2023].
- [25] I. A. DAYAS, How monks helped invent sign language, <https://www.nationalgeographic.com/history/history-magazine/article/creation-of-sign-language>, [Dostopano: 23.10.2023] (2019).
- [26] Slovenski znakovni jezik, https://sl.wikipedia.org/wiki/Slovenski_znakovni_jezik, [Dostopano: 23.10.2023].
- [27] ZGODOVINA RAZVOJA SZJ, <https://zveza-gns.si/slovar-slovenskega-znakovnega-jezika/zgodovina-razvoja-szj/>, [Dostopano: 23.10.2023].

- [28] Zakon o uporabi slovenskega znakovnega jezika (ZUSZJ), <http://www.pisrs.si/Pis.web/preledPredpisa?id=ZAK01713>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [29] A. McCarty, Notation systems for reading and writing sign language, *The Analysis of verbal behavior* 20 (2004) 129–34. doi:10.1007/BF03392999.
- [30] T. Hanke, Hamnosys—representing sign language data in language resources and language processing contexts, 2004.
- [31] National qualifications framework, <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/slovenia/national-qualifications-framework>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [32] Tolmačenje znakovnega jezika, https://sl.wikipedia.org/wiki/Tolma%C4%8Denje_znakovnega_jezika, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [33] Accessibility, <https://en.wikipedia.org/wiki/Accessibility>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [34] U. Nations, Universal Declaration of Human Rights, <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [35] U. Nations, Convention On The Rights Of Persons With Disabilities (CRPD), <https://social.desa.un.org/issues/disability/crpd/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities-crpd>, [Dostopano: 23.10.2023] (2008).
- [36] E. Commision, European accessibility act, <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1202>, [Dostopano: 23.10.2023]].
- [37] EUR-LEX, DIRECTIVE (EU) 2019/882 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, <https://eur-lex.europa.eu>.

- eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0882, [Dostopano: 23.10.2023].
- [38] World Federation of the Deaf, <https://wfdeaf.org/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [39] Web accessibility, <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [40] WCAG 2 Overview, <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [41] WCAG 3 Introduction, <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/wcag3-intro/>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [42] SLOVENSKI ZNAKOVNI JEZIK, <https://zveza-gns.si/o-zvezni-znakovni-jezik/>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [43] Slovenski znakovni jezik, <https://www.gov.si/teme/slovenski-znakovni-jezik/>, [Dostopano: 23.10.2023] (2023).
- [44] M. R. Slovenija, DOSTOPNO, <https://www.rtvslo.si/dostopno>, [Dostopano: 23.10.2023].
- [45] Špela Vintar, B. Jerko, M. Kulovec, Prvi leksikalni podatki o slovenskem znakovnem jeziku iz korpusa signor, 9th Language Technologies Conference Information Society - IS 2014 (2014).
- [46] S. Horvath, Kara Technologies, <https://unwinnable.com/2019/03/01/kara-technologies/>, [Dostopano: 23.10.2023] (2019).
- [47] F. Nunnari, J. Bauerdiek, L. Bernhard, C. España-Bonet, C. Jaeger, A. Nolte, K. Waldow, S. Wecker, E. André, S. Busemann, C. Dold, A. Fuhrmann, P. Gebhard, Y. Hamidullah, M. Hauck, Y. Kossel, M. Mišiak, D. Wallach, A. Stricker, Avasag: A german sign language translation system for public services, 2021.

- [48] SignAloud - The Index Project, <https://theindexproject.org/award/nominees/2051>, [Dostopano: 28.11.2023].
- [49] UW undergraduate team wins \$10,000 Lemelson-MIT Student Prize for gloves that translate sign language, <https://www.washington.edu/news/2016/04/12/uw-undergraduate-team-wins-10000-lemelson-mit-student-prize-for-gloves-that-translate-sign-language/>, [Dostopano: 28.11.2023] (2016).
- [50] SignAloud gloves, <https://multilingual.com/signaloud-gloves/>, [Dostopano: 28.11.2023] (2021).
- [51] Ž. Juvan, Animirani kretalec slovenskega znakovnega jezika za omejeno besedišče, Ph.D. thesis, Univerza v Ljubljani (2021).
URL <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=131583>
- [52] M. V. R., A. J. / STA, Gluhi in naglušni se počutijo, kot da bi se izgubili v tujini., <https://www.rtvslo.si/dostopno/clanki/gluhi-in-naglusni-se-pocutijo-kot-da-bi-se-izgubili-v-tujini/547805>, [Dostopano: 28.11.2023] (2021).
- [53] M. Kipp, A. Héloir, Q. Nguyen, Sign language avatars: Animation and comprehensibility, 2011, pp. 113–126. doi:10.1007/978-3-642-23974-8_13.
- [54] N. Adamo, R. Wilbur, P. Eccarius, L. V. Harris, Effects of character geometric model on perception of sign language animation, Visualisation, International Conference in 0 (2009) 72–75. doi:10.1109/VIZ.2009.23.
- [55] K. Kaur, P. Kumar, Hamnosys to sigml conversion system for sign language automation, Procedia Computer Science 89 (2016) 794–803, twelfth International Conference on Communication Networks, ICCN 2016, August 19– 21, 2016, Bangalore, India Twelfth International Conference on Data Mining and Warehousing, ICDMW 2016, August

19-21, 2016, Bangalore, India Twelfth International Conference on Image and Signal Processing, ICISP 2016, August 19-21, 2016, Bangalore, India. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.06.063>.
URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916311280>