

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Jan Pelicon

Primerjava pristopov za učenje novih pojmov slovenskega znakovnega jezika

MAGISTRSKO DELO
MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: izr. 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 sestavine dela kot tudi rezultati diplomskega dela lahko prosto distribuirajo, reproducirajo, uporabljajo, priobčujejo javnosti in predelujejo, 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 diplomskega 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

Na tem mestu zapišite, komu se zahvaljujete za izdelavo magistrske naloge. V zahvali se poleg mentorja spodobi omeniti vse, ki so s svojo pomočjo prispevali k nastanku vašega izdelka.

Jan Pelicon, 2023

Vsem rožicam tega sveta.

*"The only reason for time is so that
everything doesn't happen at once."*

— Albert Einstein

Kazalo

Povzetek

Abstract

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Uvod | 1 |
| 2 | Gluhi in naglušni | 5 |
| 2.1 | Slušna prizadetost | 5 |
| 3 | Znakovni jezik | 9 |
| 3.1 | Zgodovina znakovnih jezikov | 10 |
| 3.2 | Sistemi notacije | 11 |
| 3.3 | Učenje znakovnega jezika | 11 |
| 4 | Zagotavljanje dostopnosti | 13 |
| 4.1 | Dostopnost v svetu | 14 |
| 4.2 | Dostopnost na spletu | 15 |
| 4.3 | Dostopnost v Sloveniji | 17 |
| 5 | Pregled področja | 19 |
| 5.1 | Tehnološki pripomočki za ljudi s posebnimi potrebami | 19 |
| 5.2 | Obstoječe rešitve z animiranim kretalcem | 21 |
| 5.3 | Slovarji za učenje znakovnega jezika | 25 |

KAZALO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6 | Napredni slovar znakovnega jezika | 29 |
| 6.1 | Tehnološke omejitve | 30 |
| 6.2 | Pomanjkljivosti obstoječih slovarjev | 31 |
| 6.3 | Motiv za napredni slovar slovenskega znakovnega jezika | 34 |
| 6.4 | Pristopi k izdelavi slovarja | 36 |
| 7 | Navidezni kretalec | 37 |
| 7.1 | Blender | 37 |
| 8 | Implementacija uporabniškega vmesnika | 39 |
| 8.1 | Skupine elementov | 39 |
| 9 | Merjenje uporabniške izkušnje | 41 |
| 10 | Rezultati | 43 |
| 11 | Zaključek | 45 |

Seznam uporabljenih kratic

| kratica | angleško | slovensko |
|---------------|---|--|
| WHO | World Health Organization | Svetovna zdravstvena organizacija |
| W3C | World Wide Web Consortium | Svetovni spletni konzorcij |
| HTML | Hyper Text Markup Language | Jezik za označevanje nadbesedila |
| AR | Augmented reality | Obogatena resničnost |
| VR | Virtual reality | Virtualna resničnost |
| ASL | American Sign Language | Ameriški znakovni jezik |
| SZJ | Slovenian Sign Language | Slovenski znakovni jezik |
| SSKJ | Dictionary of Slovenian Literary Language | Slovar Slovenskega knjižnega jezika |
| CSS | Cascading Style Sheets | Kaskadne stilske podloge |
| EAA | European Accessibility Act | Evropski akt o dostopnosti |
| SL | Sign Language | Znakovni jezik |
| ISL | International Sign Language | Mednarodni znakovni jezik |
| Hz | Hertz | Herc |
| dB | Decibel | Decibel |
| BDP | Gross domestic product | Bruto Domači Proizvod |
| WCAG | Web Content Accessibility Guidelines | Smernice za dostopnost spletne vsebine |
| WAI | Web Accessibility Initiative | Iniciativa za spletno dostopnost |
| SD | Standard Definition | Standardna ločljivost |
| HD | High Definition | Visoka ločljivost |
| FullHD | Full High Definition | Polna visoka ločljivost |

Povzetek

Naslov: Primerjava pristopov za učenje novih pojmov slovenskega znakovnega jezika

V magistrskem delu je implementiran nov koncept slovarja slovenskega znakovnega jezika, katerega primerjamo z obstoječim klasičnim načinom učenja, s pomočjo video slovarja. Čeprav se dostopnost in podpora pri učenju oseb z oviranostmi iz leta v leto izboljšuje, je z novimi tehnologijami mogoče določene učne procese izboljšati. Tako smo za namen lažjega in bolj učinkovitega učenja predlagali implementacijo razširjenega slovarja, ki preko uporabniškega vmesnika izdelanega v okolju Unity in modela 3D navideznega kretovalca izdelanega in animiranega v okolju Blender.

V vzorcu je predstavljen postopek priprave magistrskega dela z uporabo okolja L^AT_EX. Vaš povzetek mora sicer vsebovati približno 100 besed, ta tukaj je odločno prekratek. Dober povzetek vključuje: (1) kratek opis obravnavanega problema, (2) kratek opis vašega pristopa za reševanje tega problema in (3) (najbolj uspešen) rezultat ali prispevek magistrske naloge.

Ključne besede

dostopnost, znakovni jezik, tolmačenje, slovar, uporabniški vmesnik, 3D modeliranje, animacija, Unity, Blender

Abstract

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

In the master thesis we implemented new concept of sign language dictionary, which we then compare with the existing approach using video dictionary. The accessibility and support for learning for people with disabilities is improving with each year, although it is possible to improve existing concepts with the use of new technologies. With that in mind, we implemented new extended slovenian sign language dictionary, that allows control of perspective and other animation parameters. User interface is created in Unity game engine and 3D interpreter model designed, rigged and animated in Blender.

This sample document presents an approach to typesetting your BSc thesis using L^AT_EX. A proper abstract should contain around 100 words which makes this one way too short. A good abstract contains: (1) a short description of the tackled problem, (2) a short description of your approach to solving the problem, and (3) (the most successful) result or contribution in your thesis.

Keywords

accessibility, sign language, interpretation, 3D modeling, animation, Unity, Blender

Poglavje 1

Uvod

Razvoj in digitalizacija sta omogočili, 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 poganja 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 predstavljajo 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. Veliko ljudi, ki izhajajo iz te skupine, še posebej gluhi ima 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 digitalnim storitev v javnem sektorju je uporaba le-teh

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

To spodbujajo tudi zakoni in pravila, ki smo jih sprejeli in uveljavili skozi čas. Sami začetki segajo v leto 1948 s sprejetjem, da je izobrazba temeljna človekova pravica 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 mobilni aplikacij (ZDSMA), ki je stopil v veljavo maja 2018, ki je stopil v veljavo septembra 2020[5].

Zakon ZDSMA se nanaša na vse spletne strani, spletne aplikacije in mobilne aplikacije zavezanecov. 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 dostopnih samo 5 odstotkov spletnih strani [6].

Gluhi ali naglušni se na zvočne in govorne informacije ne morejo zanašati, zato so primorani uporabljati znakovni jezik (ang. Sign language). Spora-zumevanje 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 je navadno predstavlja posamezno besedo v govorjenem jeziku. Za komunikacijo z ostalimi, ki znakovnega jezika ne poznajo je navadno potrebna uporabna tolmača, 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 same kretnje, kot recimo uradni slovar slovenskega znakovnega jezika, ki je dostopen na spletu[7].

Z večanjem računskih zmogljivosti naprav je postalo izvedljivo upodabljanje v realnem času in s tem uporaba navideznih tolmačev v obliki 3D avatarja za potrebe dostopnosti vsebin in učenja znakovnega jezika. Uporaba 3D avatarja je z vidika ponovljivosti in standardizacije zanimiva rešitev, saj

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

Magistrsko delo je tematsko razdeljeno na tri sklope. V prvem sklopu je predstavljeno ozadje problema. V poglavju 2 obravnavamo gluhih in naglušnih z vidika medicine, poglavje 4 vsebuje pregled lastnosti in razvoj znakovnih jezikov, zakoni o pravicah invalidov in dostopnosti pa so zajeti v poglavju 5, ki mu sledi pregled področja v poglavju 6.

TODO vključi ostala poglavja

Poglavje 2

Glui in naglušni

Skupine ljudi s posebnimi potrebami so pomemben del naše družbe in zahtevajo posebno pozornost, razumevanje in podporo. To so lahko slepi, osebe s kognitivnimi težavami, kot so demenca, ADHD, disleksija, osebe z gibalnimi ovirami, ki imajo zmanjšano gibljivost udov, mišično distrofijo, tremor[6] itd. V tem poglavju se bomo osredotočili na gluhe in naglušne.

2.1 Slušna prizadetost

Slušna prizadetost[8][9][10], okvara sluha ali tudi gluhost je ena izmed najtežjih oblik invalidnosti po podatkih WHO. Z zdravstvenega vidika, je gluhost motnja percepcije slušnih informacij. Slušno zaznavanje je najboljše v področju frekvenc 500 do 5000 Hz, poudarjeno pa je zaznavanje tonov v okolici 4000 Hz. Gluho osebo opredeljuje izguba sluha na frekvencah 500, 1000 in 2000 Hz.

Škodljivi učinki na sluh lahko izhajajo iz ne-akustičnih dejavnikov ali direktno iz akustičnih dejavnikov, kot so na primer jakost zvoka, ki ga 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 celo intenzivnejših signalov, v nasprotnem pri-

meru lahko govorimo o delni gluhosti oziroma naglušnosti. Stopnjo slušne prizadetosti se izmeri z diagnostičnim avdiometrom[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 64 do 65 dB (fizične motnje),
- od 85 do 120 dB (lahko nastopijo akutne ali kronične poškodbe),
- nad 120 dB (krajšem času se pojavita nelagodje in bolečina).

2.1.1 Gluhi ljudje

Gluhe ljudi delimo na:

- osebe z najtežjo izgubo sluha (91 dB in več),
- osebe s popolno izgubo sluha.

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

Glede na kriterije razvrščanja gluhih oseb, ki jim rečemo tudi surdološki kriteriji, ločimo gluhe v dve skupini[12].

Prelingvalno gluhe osebe

V to skupine spadajo gluhe osebe, ki so izgubile sluh takoj po rojstvu ali najkasneje 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 oviranosti ti ljudje odrinjeni od družbe in psihosocialno osamljeni.

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, po nastanku invalidnosti, primarno zanašajo na vizualni segment komunikacije, poleg tega pa lahko iz obraza in ustnic sogovornika preberejo besedo oziroma razumejo sporočilo. Te osebe v povprečju razumejo 70 odstotkov sporočila. Razumevanje je odvisno od optimalnih pogojev, kot so frontalen pogled, način odpiranja ust med govorjenjem, jasnost govora...

2.1.2 Naglušni ljudje

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).

To so lahko prizadete osebe z 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 lahko pojavljajo težave pri telesni neodvisnosti in pri vključevanju v družbo.

Poglavje 3

Znakovni jezik

Znakovni jezik je vizualni jezik, ki ga uporabljajo gluhi ljudje za komunikacijo. Namesto uporabe zvokov in govorjene besede, so glavni komunikacijski elementi premiki rok, dlani in prstov, mimika obraza ter telesna govorica[13]. Besede se lahko predstavijo z unikatno gesto oziroma kretnjo za posamezno besedo ali pojem ali s črkovanjem (ang. finger spelling). Kretnja je lahko enoročna ali dvoročna.

Znakovni jeziki imajo svojo lastno slovnico, ki se razlikuje od slovnice govorjenih jezikov. Prav tako so izjemno bogati, kompleksni in kreativni sistemi komunikacije, ki omogočajo gluhi skupnosti in drugim ljudem, da se učinkovito sporazumevajo, izražajo in razvijajo.

Razlikujejo se glede na geografsko lego in načeloma niso povezani z govorjenim jezikom. Prav tako se navadno precej manj kompleksni in obširni. Če primerjamo, vsebuje SZJ okoli 20 tisoč kretenj[14], SSKJ pa v petih knjigah obsega več kot 100 tisoč gesel in podgesel[15].

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[16].

Za sporazumevanje med različnimi znakovnimi jeziki se je oblikoval ISL (ang. International Sign Language) mednarodni znakovni jezik, znan tudi

kot mednarodni pomožni jezik. Uporablja se ga na zborovanjih Svetovne organizacije gluhih ter včasih na zborovanju UN, na olimpijadi za gluhe in nekaterih posebnih priložnostih v sklopu Evropske unije[17].

V združenih državah Amerike pa se je oblikoval ameriški znakovni jezik ASL (ang. American Sign Language), ki je postal eden najbolj prepoznanih 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.

V zadnjih desetletjih so znakovni jeziki postali bolj razširjeni in pridobili širšo prepoznavnost. Priznavajo se kot polnovredni jeziki, z lastno slovnico in semantiko. Danes obstajajo številne organizacije, knjige, slovarji, spletne strani in tečaji, ki spodbujajo učenje in razumevanje znakovnih jezikov. Leta 2021 se je SZJ v ustavo Republike Slovenije v 62.a členu dopolnila do svobodne uporabe in razvoja.

3.1 Zgodovina znakovnih jezikov

Dokazi o uporabi vizualnih kretenj segajo več kot tisočletje v preteklost, vendar se se prvi poskusi učenja gluhih otrok začeli po letu 1500. Pojavile so se knjige s kretnjami in prvi resnejši poskusi formalizacije znakovnih jezikov. Pri tem je bilo pomembno odkritje, da sluh ni pogoj za inteligenco oziroma razumevanje kompleksnih idej. V 18. stoletju je Charles Michel De L'Epee ustanovil prvo javno šolo za gluhe[18]. Nekateri znakovni jeziki oblikovali spontano v manjših skupnostih z večjim številom gluhih. Te skupnosti so razvile lastne jezikovne značilnosti, ki so postale temelj njihovih znakovnih jezikov[16].

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 in je deloval do prve 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 se je tudi v Sloveniji razširila uporaba gest[19].

3.2 Sistemi notacije

Ker so kretnje pogosto zapletene in jih je posledično težko opisati obstajajo različni sistemi notacije za opisovanje znakov in gibov v znakovnem jeziku[20]. Za raziskovalne namene se največ uporablja sistem HamNoSys (ang. Hamburg sign language notation system). Definiran je bil leta 1984 in izvira iz Stokove notacije, poznana tudi kot Stockhausenska notacija, ki namesto tradicionalnih glasbenih not, uporablja grafične simbole, zapise in risbe za predstavitev glasbenih konceptov. HamNoSys je prilagojen za različne situacije in se še vedno razvija ter nadgrajuje, njegove glavne prednosti pa so[21]:

- ikoničnost (veliko število variacij),
- ekonomičnost,
- integracija z obstoječimi digitalnimi orodji,
- dobro definirana sintaksa,
- razširljivost.

Omeniti velja tudi Stokovo 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 natisnjenimi slovarji, ki so uporabljali ilustracije ali slike z opisi. Multimedijaska tehnologija je ponudila priložnost za

izboljšanje z uporabo in možnostjo obdelovanja video materiala ter pozneje 3D animiranih modelov.

V Sloveniji je leta 2001 izšla CD-ROM verzija, ki je vsebovala 2500 najbolj pogosto uporabljenih besed in gest. Danes je v Sloveniji javno dostopen Slovar Slovenskega znakovnega jezika, 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[14]. Sestavljajo ga pisne informacije, meta podatki skupaj z video posnetkom, ki tvorijo enote, ki so logično razdeljene v tematske sklope.

Znakovnega jezika se poleg gluhih učijo tudi tolmači, ki so prevajalci med govorjenim jezikom in znakovnim jezikov. Opraviti morajo poseben izpit za tolmača znakovnega jezika pred komisijo iz sistema nacionalnih poklicnih kvalifikacij[22], da se lahko vpišejo v register tolmačev za znakovni jezik in opravljajo znakovno tolmačenje kot certificiran tolmač[23].

Pogosto lahko razumejo in govorijo znakovni jezik tudi ožji družinski člani prizadete osebe.

Poglavje 4

Zagotavljanje dostopnosti

Dostopnost (ang. Accessibility)[24] 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 pomembno vprašanje pri oblikovanju prihodnosti.

Kjub vsej izpostavljenosti področja, pa se pojavljajo problemi saj je pogosto ta tema potisnjena v ozadje. Razlogi so lahko različni in lahko izhajajo iz pomanjkanja osveščenosti, povečanih stroškov in finančnih omejitev, zastarele infrastrukture, pomanjkanju standardov in zakonodaje, tehničnih ovir, kulturnih dejavnikov ali zanemarjanju raznolikosti.

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...

Skupaj z razvojem in napredkom tehnoloških rešitev je danes mogoče zadovoljiti obstoječe potrebe po dostopnosti, hkrati pa se pojavljajo nove

metode in pristopi, ki poenostavijo razvoj rešitev in izboljšajo 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 domačim proizvodom značilnim za geografsko območje ali državo.

Generalna skupščina združenih narodov je leta 1948 sprejela, da je izobrazba je temeljna pravica vsakega človeka[25], ne glede na njegove fizične, kognitivne in senzorne sposobnosti. Ta sklep je leta 2006 razširila tudi na invalide in ljudi s posebnimi potrebami[26], 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) [27][4][28] je direktiva, ki služi podjetjem, invalidom in starejšim. Predlagan je bil leta 2011, sprejet v rabo pa leta 2019. Cilja k izboljšanju delovanja trga za dostopne izdelke in storitve z poenotenjem ali odstranjevanjem ovir, ki jih predstavljajo neskladja z zakoni različnih evropskih držav. Prednosti tega se odražajo v večji dostopnosti in konkurenčnosti izdelkov in storitev.

Konvencija o pravicah invalidov CRPD (ang. Convention on the Rights of Persons with Disabilities) je mednarodna konvencija, 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[26].

Mednarodna zveza gluhih, znana kot WFD (ang. World Federation for the Deaf)[29] 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 z samoodločanjem, znakovnim jezikom, izobraževanjem, zaposlovanjem in skupnostnim življenjem. Njihov fokus je na:

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

Zavedati se je treba, da je stopnja in regulacija dostopnosti močno povezana s kulturo, razvojem infrastrukture, pravicami in bruto , ki obsegajo geografsko območje ali državo. Poleg WHO obstajajo tudi druge organizacije, ki so osredotočene na pravice in dostopnost za vse invalide in za invalide z določeno obliko oviranosti, kot so gluhi in naglušni.

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 pomembno vlogo v svetu, saj omogoča dostop do informacij, izobraževanja, storitev in komunikacije. Digitalizacija je poleg ostalih dejavnikov, kot na primer pandemija in izboljšanje stroškovne učinkovitosti, sprožila pohitreno širjenjem tako nujnih kot ostalih storitev na splet. Zato se po vsem svetu sprejemajo regulacije in zakoni, ki so namenjeni zagotavljanju, da so digitalni vsebinam in storitvam dostopni za vse.

Mednarodne neodvisne organizacije, kot je Svetovni spletni konzorcij W3C[30](ang. World Wide Web Consortium), vodijo iniciativo za spletno dostopnost WAI (ang. Web Accessibility Initiative), s katerim se razvijajo tehnične specifikacije, ki podpirajo WCAG smernice. To vključuje specifikacije za HTML, CSS in druge tehnologije, ki omogočajo izvajanje smernic za dostopnost.

Znotraj WAI se razvijajo smernice WCAG[31](ang. Web Content Accessibility Guidelines) za dostopnost spletnih vsebin. Izšle so leta 1999, do danes pa so izšle nove verzije standarda WCAG 2.0, 2.1 in 2.2. V osnutku je tudi nova verzija WCAG 3[32], ki je nove popravke dobila julija 2023. Te smernice so uporabne za razvijalce spletnih vsebin, razvijalce spletnih orodij, razvijalce spletnih orodij za evalvacijo dostopnosti ter vse ostale, ki želijo ali potrebujejo standarde za spletno in mobilno dostopnost.

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

Ljudje s posebnimi potrebami uporabljajo posebne tehnologije za dostop do vsebin. Slepí in slabovidni lahko uporabljajo posebna orodja kot so na primer bralniki in povečevalci zaslona, uporaba alternativnega teksta pod slikami, navigacija s tipkovnico itd. Pri avdio-video vsebinah se lahko zanašajo na podnapise ali transkripti, tako kot gluhi in naglušni. Zaradi tega je pomembno, da spletne strani ustrezajo WCAG standardom, da lahko omenjene tehnologije pravilno delujejo. Tukaj velja omeniti nekaj različnih zahtev, kot recimo ustrezno podprti jeziki za bralnike zaslona, konsistentna struktura spletnih mest za enostavno navigacijo, ustrezna kontrastna razmerja... Nekatere mogoče preveriti z orodja za preverjanje dostopnosti, ostale pa se žal lahko preverja le ročno.

4.3 Dostopnost v Sloveniji

Slovenski znakovni jezik je s sprejetjem zakona leta 2002 priznan kot eden izmed uradnih jezikov gluhe manjšine v Sloveniji[33][12]. Trenutno je v Sloveniji okoli 1500 gluhih, 200.000 pa je registriranih z okvaro sluha. Od tega jih okrog 1000 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 ustrezni zakonodaji pa sama realizacija in razširjenost dostopnih storitev pogosto šepa. Gluhi in naglušni v Sloveniji imajo pogosto izzive in probleme z neprilagojenimi storitvami in vsebinami, kot na primer pomanjkljivo ozvočenje ali pomanjkanje informacij v znakovnem jeziku.

V ustavi imamo zapisan 62.a člen[34], ki opredeljuje pravico do svobodne uporabe in razvoja slovenskega znakovnega jezika. Na območjih občin, kjer sta uradna jezika tudi italijanščina ali madžarščina, je zagotovljena svobodna uporaba italijanskega in madžarskega znakovnega jezika. Uporabo teh jezikov in položaj njihovih uporabnikov ureja zakon.

V Sloveniji je sprejet tudi zakon o dostopnosti spletišč 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 spremljanje izvajanja zakona.

Za slovenski javni medij RTV obstaja portal dostopno.si[35], ki podpira različne dodatne tehnike za povečanje dostopnosti vsebin, kot so zvočni opisi, podnapisi in tolmač znakovnega jezika, ki je prisoten ob predvajani video vsebini.

Za slovenski znakovni jezik obstajajo tudi leksikalni podatki, ki so nastali na podlagi korpusa Signor[36]. Gradnja korpusa se je pričela leta 2011 in pri zajemu uporabili 80 sodelujočih oseb iz skupnosti gluhih in naglušnih, kar v Sloveniji predstavlja približno 10 odstotkov vseh gluhih in naglušnih. Za pridobitev rezultati so uporabili metodologijo, ki je že preverjena in bila

uporabljena za analizo drugih znakovnih jezikov. Statistični rezultati pa potrjujejo podobnost z ostalimi podobnimi raziskavami.

Poglavje 5

Pregled področja

V državah, ki poudarjajo pomen dostopnosti, lahko opazimo vrsto naprednih sistemov za pomoč invalidom. Modernejše rešitve se pogosto poslužujejo naprednih tehnologij s katerimi nameravajo obogatiti in izboljšati samo izkušnjo sveta osebam z različnimi stopnjami oviranosti, ki so do nedavnega bile prikrajsane za izkušnje, socialne interakcije ali celo osnovne življenjske storitve.

5.1 Tehnološki pripomočki za ljudi s posebnimi potrebami

Tehnološki pripomočki za ljudi s posebnimi potrebami so za to skupino nepogrešljiv del, saj jim omogočajo, da premagajo ovire in živijo bolj neodvisno ter polno življenje. Te inovativne tehnološke rešitve so revolucionarne in prinašajo nove možnosti za ljudi z različnimi vrstami omejitev, ne glede na to, ali gre za gibalne, senzorne ali komunikacijske težave.

5.1.1 Navigacija v zaprtih prostorih

Navigine (<https://navigine.com/>) je podjetje, ki je specializirano za tehnologije za določanje položaja in navigacijo znotraj zaprtih prostorov. Ponujajo rešitve in storitve v obliki sprejemnikov in oddajnikov za natančno

določanje in sledenje položaja predmetov ali posameznikov, kjer ni na voljo signala GPS (ang. global positioning system) ali pa je ta prešibek. To težavo rešujejo s tehnologijami kot so UWB (ang. ultra wide band), WiFi, Bluetooth in ultrazvočnimi sistemi. Pogosto se uporabljajo v kulturnih ustanovah, skladiščih, proizvodnih okoljih ali javnih ustanovah, kjer služijo tudi invalidom, predvsem skupini slepih, pri lažji navigaciji.

5.1.2 Prevajanje znakovnega jezika v govor

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. Razvila sta posebne rokavice na katere sta namestila senzorje, ki zaznavajo položaj in premike roke uporabnika ter zaznano 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 izrazila, da je čustven kontekst pri kretanju pomemben, samo orodje pa ga sposobno zajeti.

5.1.3 Ostali pripomočki

Poleg zgoraj omenjenih pripomočkov in rešitev obstaja več storitev za navigacijo v zunanjih in notranjih prostorih, ki bolj uporabni za skupino slepih.

Storitvi GoodMaps (<https://www.goodmaps.com/>) in Seeing AI (<https://www.microsoft.com/en-us/ai/seeing-ai>) od podjetja Microsoft, ponujata pripomočke za navigacijo, ki uporabljajo LiDAR (ang. light detection and ranging) tehnologijo.

Podjetje WearWorks (<https://www.wear.works/>) razvija haptične produkte za navigacijo, kot recimo Wayband zapestnica, ki uporabniku pošilja navigacijske signale preko vibracij.

Podobne pristope uporabljajo rešitve RightHear, ClickAndGo Wayfinding, BlindSquare...

5.2 Obstoječe rešitve z animiranim kretalcem

V zadnjih letih je opaziti znatno povečanje storitev in rešitev za gluhe, ki uporabljajo animirane avatarje namesto videa. Tak način prinaša več prednosti. Model in okostje se izdela enkrat in se lahko ponovno uporabi za različne geste. S tem lahko izkušen animator v kratkem času animira nove kretnje, kar olajša postopek razvoja aplikacije ali storitve, saj je vsaka nepredvidena sprememba ali dodatek lahko cenovno zelo draga. Hkrati je animacija ponovljiva in jo je mogoče standardizirati ter uporabiti za več različnih rešitev pa tudi personalizacija modela je lahko omogočena. Ponuja tudi možnost kasnejših popravkov animacij in modelov, čeprav je v večini primerov popravljanje modelov neoptimalna rešitev.

5.2.1 Prevajanje govora in teksta v znakovni jezik

Hand Talk App

Hand Talk App (<https://www.handtalk.me/en/app/>) je ena največjih svetovnih platform za avtomatsko prevajanje znakovnih jezikov. 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 (Maya in Hugo, ki je prikazan na sliki 5.1), ki uporabniku odkreta prevod v brazilskem (LSB) ali ameriškem znakovnem jeziku (ASL). Omogoča tudi prilagajanje hitrosti prevoda. Podjetje ponuja tudi vtičnik za avtomatsko prevajanje spletnih strani, ki je zaenkrat na voljo samo za brazilski Znakovni jezik.

Kara Technologies

Podjetje Kara Technologies (<https://www.kara.tech/>) iz Nove Zelandije je osredotočeno na razvijanje dostopnih rešitev. Ponujajo ultra realistične 3D kretalce, ustvarjene in animirane s pomočjo umetne inteligence. Njihova plat-



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

forma služi prevajanju v znakovni jezik. V ozadju uporablja Unreal Engine 4, ki je popularno orodje za ustvarjanje iger ali drugih izdelkov, ki uporabljajo animacije[37]. Od svoje ustanovitve leta 2017 so prejeli več nagrad.

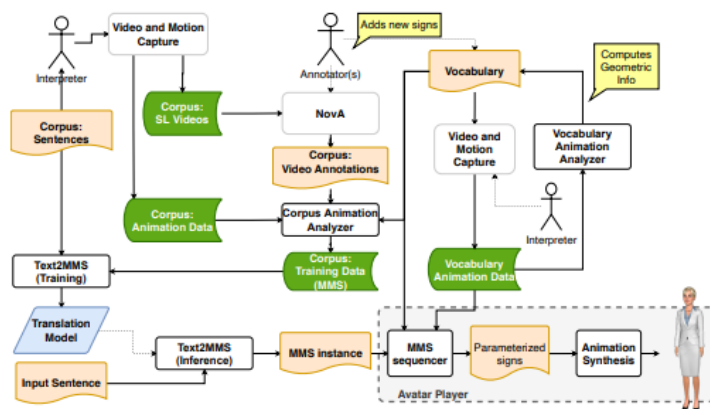
AVASAG

AVASAG (nem. avatar-basierter sprachassistent zur automatisierten gebarden übersetzung)(<https://avasag.de/>) je komercialni sistem za avtomatsko prevajanje besedila v znakovni jezik, ki bo namenjen za različne javne storitve. Financiran je s strani Nemškega ministrstva za šolstvo in razvoj (nem. BMBF). Sama arhitektura projekta je osredotočena na nekaj glavnih točk. Ena izmed teh je prevajanje brez dostopa do interneta, kar je zahtevna naloga, saj je sistem omejen obstoječe znanje brez možnosti brskanja in iskanja novih informacij. Prav tako je cilj pripraviti animacije gest, ki so razumljive in naravne. Osredotočeni so na uveljavljenih, preprostejših gestah z željo, da bi v prihodnosti v sistem vključili tudi nove, kompleksnejše geste. Zaradi tega je ena izmed skrbi tudi skalabilnost, torej možnost dodajanja novih gest in razširitev podpore sistema na nove domene. Sam sistem je sest-



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

vljen iz več individualnih sklopov, ki skupaj sestavljajo končno arhitekturo, kot prikazuje slika 5.3. Za kreiranja animacij uporabljajo kombinacijo z zajemom videa in gibanja (ang. MoCap, motion capture). Avtorji in kreatorji 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), ki pripomore k končni uspešnosti modela. Za kreacijo animacij in fotorealističnega 3D avatarja so uporabili uveljavljena orodja za modeliranje. Zaradi potencialnih napak pri ujemanju zajetega gibanja in okostja modela so avatarja morali poravnati s telesnimi dimenzijami tolmača. Poleg tega so poskrbeli za ustrezen kontrast med kožo, oblačili in barvo ozadja. Pri sintezi animacij so se poslužili orodja VuppetMaster, ki temelji na WebGL API (Web Graphics Library), kar omogoča predvajanje animacij znotraj brskalnika kot tudi ostalih napravah.



Slika 5.3: Predstavitev cevovoda za trening (zgornji del) in sistema za prevajanje (spodnji del) za projekt AVASAG.

5.2.2 SiMAX

SiMAX (<https://simax.media/>) je sistem, ki uporablja animiranega avatarja za potrebe prevajanja besedila v različne znakovne jezike. Razvili so ga v Avstriji, sistem pa naj bi bil poceni in učinkovit. Uporabiti pa ga je mogoče za generiranje videa ali vstaviti v obstoječ video. Zaradi tega se ga lahko uporablja na primer za prevajanje spletnih strani, pri gledanju filmov in drugih TV vsebin, pri prevajanju letakov in prospektov, za posredovanje informacij o prometnih zastojih, kot pomoč pri vodenih ogledih... Sistem uporablja učno podatkovno bazo v kateri so shranjeni obstoječi prevodi. Sami prevodi se tudi ročno preverjajo in popravijo v primeru, da ti niso popolnoma ustrezni. Poleg tega ponujajo orodje za urejanje in personalizacijo avatarja, kateremu lahko uporabnik prilagaja spol, polt, barvo oči ter nekatere ostale lastnosti.

5.2.3 Animirani kretalec slovenskega znakovnega jezika za omejeno besedišče

Komercialnih sistemov ali raziskovalnih dela, ki bi združevala področje znakovnega jezika in 3D animiranih avatarjev je v Sloveniji malo. Omenimo lahko magistrsko delo laboratorija za multimedijo fakultete za elektrotehniko v Ljubljani[38]. 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 enostavno razširiti tudi na druge domene z omejenim besediščem.

Prototip sistema so avtorji zasnovali v okolju Blender. Pri tem 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 trakov ter združuje geste, opravlja interpolacijo med njimi za končni rezultat, ki je upodobljen video animiranega kretalca. Pomembna lastnost je med drugim ta, da je upodabljanje mogoče izvesti v realnem času. Za zajem materiala za animacijo kretenj so se poslužili zajema videa tolmača iz 3 zornih kotov. Za zajem gibanja se niso odločili zaradi 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 ali kretenj. Pri nekaterih uporabnikih so bile potrebne prilagoditve prehoda med kretnjami. Za nadgradnjo predlagajo dodatno personalizacijo izgleda navideznega tolmača in možnost prilagajanja intenzivnosti mimike ter gibanja.

5.3 Slovarji za učenje znakovnega jezika

Slovarji znakovnega jezika so poleg jezikovnih šol pomembno orodje za učenje znakovnega jezika. Skozi leta se je izgled teh spreminjal 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.

5.3.1 Slovar slovenskega znakovnega jezika na spletu

Članek iz leta 2013 opisuje postopek prenosa slovarja slovenskega znakovnega jezika v CD-ROM obliki na splet. Prvi CD-ROM slovarji 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 486 besed bilo sopomenk, 245 besed pa je bilo sestavljenih iz dveh ali več posnetkov. Besede so razčlenili v 38 tematskih skupin za lažjo iskanje in boljšo uporabniško izkušnjo.

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 (Flash, Java, 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.

Slika 5.4: Izgled slovarja [X], ki je sestavljen iz posameznih sklopov, ki vsebujejo besede razvrščene po abecednem redu.

Tematski sklopi > Osebe



Poglavje 6

Napredni slovar znakovnega jezika

Gluhi in naglušni potrebujejo znakovni jezik zaradi težav z razumevanjem ali celo popolnim nerazumevanjem teksta. Število informacij, ki so dostopne ljudem pa skozi čas narašča, zato je potrebno dostop teh prilagoditi tudi za skupino gluhih. Mnogo težav izhaja iz tega, da je 80 odstotkov gluhih funkcionalno nepismenih, 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 na primer SSKJ, za skupino gluhih neprimerna ali celo nemogoča. V kolikor želijo gluhi in naglušni enakovredno sodelovati in prispevati v družbi jim moramo ustvariti ustrezen učni material in omogočiti dostop do tega.

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. Multimedijska tehnologija prinaša nova orodja, 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 in s tem povečajo uspešnost in kakovost učenja.

6.1 Tehnološke omejitve

Na področju učenja znakovnega jezika je prehod iz ilustracij na video gradivo in splet, predstavljal velik preskok, katerega začetki segajo pred leto 2000. Pojavile so se nove možnosti in načini prenosa znanja, vendar je bilo potrebno za širšo uporabo modernejših storitev za učenje znakovnega jezika počakati še vsaj desetletje. Eno izmed ovir je do nedavnega predstavljala zakonodaja, ki se ni pretirano ozirala in poglobljala v probleme s katerimi se soočajo skupine invalidov. Druga glavna težava ne izvira iz socialnih problemov temveč iz samih tehnoloških omejitev, s katerimi smo se soočali v preteklosti.

Danes lahko večino zamišljenih idej brez večjih težav implementiramo in se nam pri tem ni treba ozirati na tehnološke omejitve. Do nedavnega pa to ni popolnoma držalo, saj je razvoj rešitev in storitev bil omejen glede na količino resursov, ki so jih te potrebovale. Tukaj velja omeniti predvsem omejitve pri procesorski moči, ceni in velikosti delovnega ter zunanega pomnilnika.

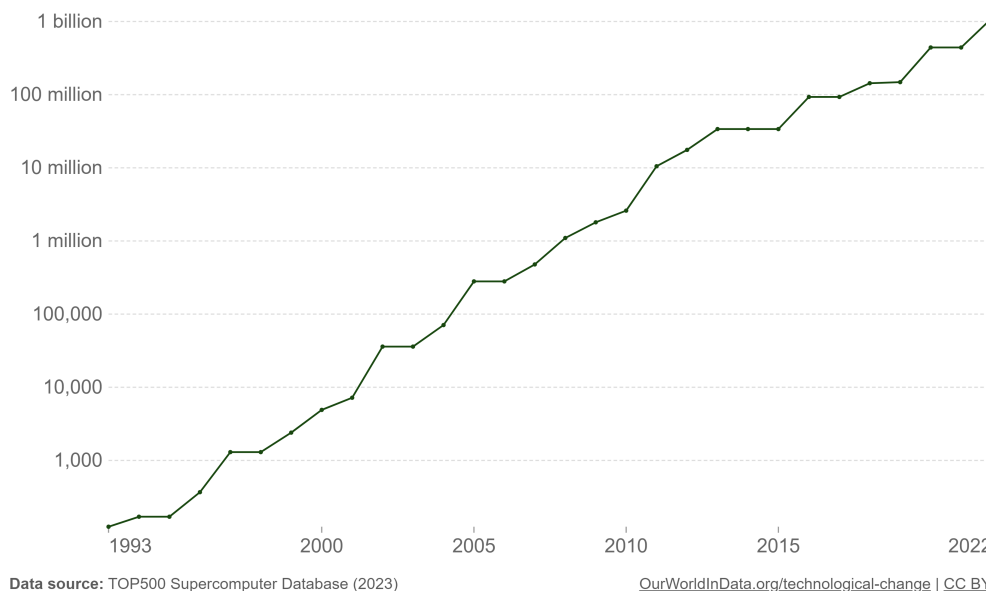
Moorov zakon (ang. Moore's law) iz leta 1965 na podlagi opazovanja in meritev predvideva, da se število tranzistorjev na čipih podvoji vsakih 18 do 24 mesecev[39], razvidno iz slike 6.1. Ta trditev je bila precej točna za prvih 50 let, sedaj pa je zaradi fizičnih, stroškovnih in drugih omejitev (kvantni učinki, zahteve trga, stroškovna učinkovitost...) težko govoriti o nadaljevanju tega trenda. Posledično se je skupaj s procesorsko močjo se je povečala tudi količina pomnilniškega prostora hkrati pa postala cenovno dostopnejša, kar je razvidno iz slike 6.2.

Pri upodabljanju 3D modelov in virtualnih svetov nastopijo še dodatne omejitve zaradi zmogljivosti grafično procesnih enot GPE (ang. graphics processing unit, GPU), ki so specializirane za računalniško grafiko in obdelavo slik ter videa zaradi sposobnosti reševanja problemov, ki jih je mogoče razčleniti na paralelno izvajanje. Na te omejitve naletimo predvsem pri upo-

Computational capacity of the fastest supercomputers



The number of floating-point operations¹ carried out per second by the fastest supercomputer in any given year. This is expressed in gigaFLOPS, equivalent to 10^9 floating-point operations per second.



1. **Floating-point operation:** A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP is equivalent to one addition, subtraction, multiplication, or division of two decimal numbers.

Slika 6.1: Graf, ki prikazuje število operacij s plavajočo vejico na sekundo (ang. floating-point operations per second, FLOPS) najhitrejšega superračunalnika od leta 1993 do 2022. Vrednosti na so izražene v gigaFLOPS.

dabljanju v živo saj je hitrost upodabljanja (število slik na sekundo, kompleksnost tekstur...) odvisna od zmogljivosti GPE.

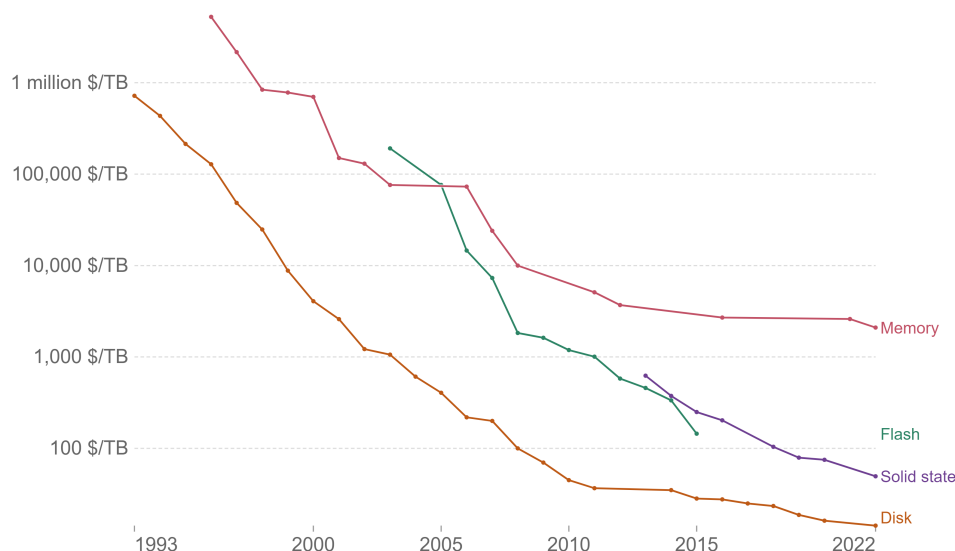
6.2 Pomanjkljivosti obstoječih slovarjev

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

Kot prvo lahko omenimo težave s kvaliteto videoposnetkov. Ker bi bilo

Historical cost of computer memory and storage

This data is expressed in US dollars per terabyte (TB). It is not adjusted for inflation.



Data source: John C. McCallum (2022)

OurWorldInData.org/technological-change | CC BY

Note: For each year, the time series shows the cheapest historical price recorded until that year.

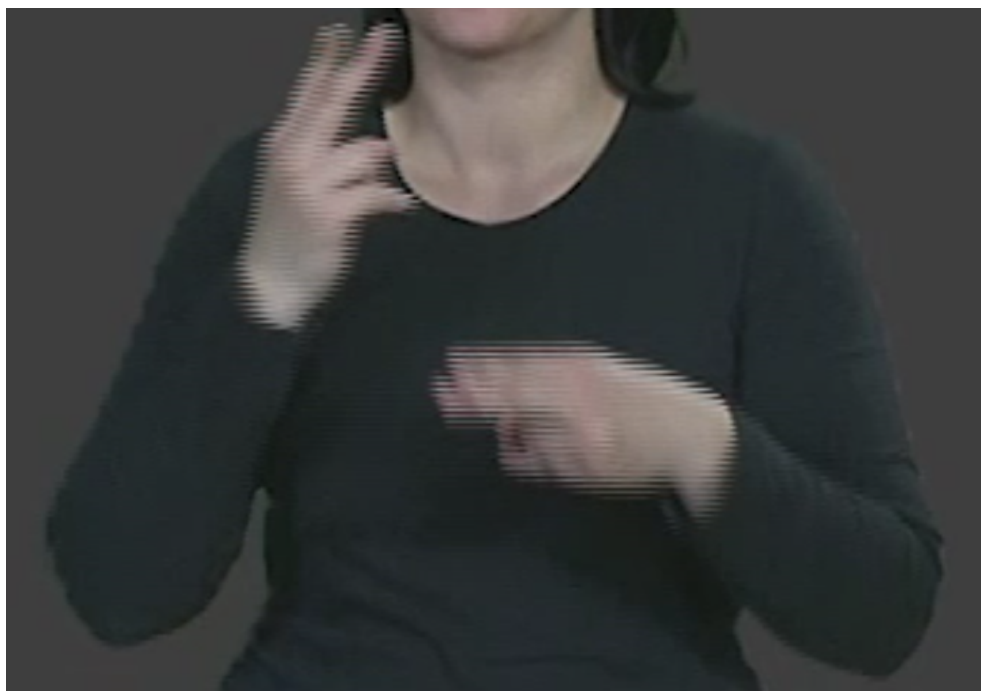
Slika 6.2: Graf, ki prikazuje ceno izraženo v dolarjih na terabajt (\$/TB) v odvisnosti od časa od leta 1993 do leta 2022 za delovni pomnilnik (ang. memory, RAM) in zunanje pomnilnike: Bliskovni pomnilnik (ang. flash memory), polprevodniški pomnilnik (ang. solid state disk, SSD), trdi disk (ang. hard disk drive, HDD)

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, poznani kot FullHD (ang. Full High Definition). Nekateri posnetki so dostopni v visoki ločljivosti HD (ang. High Definition), večina pa jih je na voljo standardni ločljivosti SD (ang. Standard Definition).

- Standardna ločljivost SD, 640x480, razmerje 4:3
- Visoka ločljivost HD, 1280x720, razmerje 16:9

- Polna visoka ločljivost FullHD, 1920x1080, 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 neprepletenem obnavljanju slike se vse vrstice s slikovnimi pikami (ang. pixels) osveži pri vsakem okvirju (ang. frame) videa, medtem ko se v nasprotnem primeru izmenično osvežujejo sode in lihe vrstice, kar prikazuje slika 6.3. Ta način pripomore 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 6.3: 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 za današnje standarde nizka hitrost osveževanja slik (ang. frame rate), ki je pri SZJ 25 slik na sekundo.

Sicer karakteristika sama po sebi ni tako problematična, vendar lahko skupaj s kombinacijo standardne ločljivosti in prepletenega obnavljanja slik postanejo 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.

Do sedaj smo predstavili 3 težave, ki izhajajo iz karakteristik videoposnetkov, ki pa jih lahko z uporabo modernejših tehnologij popravimo ali celo popolnoma izločimo. Rešitev ta te primere je lahko zelo trivialna kot na primer uporaba boljše kamere pri zajemu videoposnetka ali pa kvalitetnejšega kodirnega algoritma za stiskanje video vsebin.

Ena izmed pomanjkljivosti, ki ni preprosto rešljiva, je sama ponovljivost kretanja. Lahko bi rekli, da kretalci in tolmači vnašajo variacije pri kretanju saj ima vsak posameznik lasten stil kretanja. Poleg tega je praktično nemogoče, da bi posameznik odkretal isto kretnjo brez odstopanja. Te variacije se odražajo kot razlike v hitrosti kretanja, različni nivoji poudarjenosti pri premiku rok, dlani, prstov ali obrazne mimike, različni načini prehajanja med kretnjami...

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...

6.3 Motiv za napredni slovar slovenskega znakovnega jezika

Dodatna zakonodaja na področju dostopnosti na državni in evropski ravni zahteva večjo dostopnost do digitalnih vsebin na spletu. Razvoj tehnologije pa je omogočil, da dostopnost tako javnih in ostalih storitev postane realnost.

Pomanjkljivostim, ki smo jih omenili v razdelku 6.2 se je mogoče ogniti

z uporabo animiranega 3D avatarja. S tem rešimo težavi slabe ločljivosti in uporabe prepletenega obnavlja slik saj lahko avatarja upodobimo v poljubni ločljivosti, poleg tega pa 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 nizke hitrosti osveževanja saj je današnja oprema za upodabljanje dovolj sposobna, da upodabljanje izvaja 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 odvisno od zmogljivosti GPE ter kompleksnosti 3D modela, ki se najbolj odraža s številom poligonov (ang. polygons).

Uporaba animacij predstavlja izboljšanje tudi z vidika ponovljivosti, možnosti popravkov in avtomatizacije procesa dodajanja novih pojmov v slovar. Ponovljivost je že s samo uporabo animacij zagotovljena, saj se digitalni zapis shranjenih animacij ne spreminja glede na lokacijo in čas predvajanja. 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 nenatačnosti, katere nismo mogli predvideti na samem začetku razvoja.

V kolikor standardiziramo dimenzije ter postavitev okostja modela lahko hkrati ponudimo več različnih modelov, ki se razlikujejo po spolu, polti ali drugih kulturno obarvanih karakteristikah. S tem omogočimo uporabnikom nivo personalizacije, ki ga z videoposnetki ni mogoče doseči.

Glavno korist v primerjavi z videoposnetki lahko dosežemo s spreminjanjem zornega kota pogleda na animiranega avatarja. Pri videoposnetkih se veliko informacij o globini in položaju v prostoru izgubi, tukaj pa lahko model ali kamero poljubno sučemo in predstavljamo. Prednost tega je, da s čim manj ponovitvami dosežemo jasno razumevanje posameznih elementov, ki sestavljajo končno kretnjo.

6.4 pristopi k izdelavi slovarja

Ker slovar sestavlja več komponent, je najprej potrebno določiti ustrezne metode in pristope, ki jih bomo uporabili pri izdelavi. Samo rešitev je razdeljena na dva večja sklopa - izdelava uporabniškega vmesnika slovarja in animiranje gest. Na koncu sledi integracija obeh sklopov v končno rešitev.

6.4.1 Uporabniški vmesnik

Idejno zasnovo uporabniškega vmesnika lahko črpamo iz obstoječih slovarjev znakovnega jezika[16], ki imajo v osnovi značilno strukturo. Potrebujemo okno za prikaz videoposnetka, ki se za napredni slovar pretvori v okvir na katerega projiciramo upodobljenega animiranega kretalca.

6.4.2 Animacije gest

Za animiranje

Poglavje 7

Navidezni kretalec

7.1 Blender

Poglavje 8

Implementacija uporabniškega vmesnika

8.1 Skupine elementov

8.1.1 Elementi za nadzor kamere

8.1.2 Kontrola hitrosti predvajanja

8.1.3 Kontrole poteka animacije

8.1.4 Kontrola zrcaljenja modela

8.1.5 Navigacija po slovarju

Poglavje 9

Merjenje uporabniške izkušnje

Poglavje 10

Rezultati

Poglavje 11

Zaključek

Literatura

- [1] A. Petrosyan, Number of internet users worldwide from 2005 to 2022, <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [2] M. M. Group, INTERNET GROWTH STATISTICS, <https://www.internetworldstats.com/emarketing.htm>, [Online; accessed 30-september-2023] (2022).
- [3] W. H. Organization, Disability, https://www.who.int/health-topics/disability#tab=tab_1, [Online; accessed 30-september-2023] (2022).
- [4] European Accessibility Act, https://en.wikipedia.org/wiki/European_Accessibility_Act, [Online; accessed 30-september-2023].
- [5] Zakon o dostopnosti spletišč in mobilnih aplikacij (ZDSMA), <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAK07718>, [Online; accessed 30-september-2023] (2018).
- [6] A. V. Zorman, (Ne)izvajanje Zakona o dostopnosti spletišč in mobilnih aplikacij, <https://www.rtv slo.si/dostopno/clanki/ne-izvajanje-zakona-o-dostopnosti-spletisc-in-mobilnih-aplikacij/668615>, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [7] Z. društev gluhih in naglušnih Slovenije, SLOVAR SLOVENSKEGA ZNAKOVNEGA JEZIKA IN SLOVNICE, <https://zveza-gns.si/>

- slovar-slovenskega-znakovnega-jezika/, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [8] Deafness, <https://en.wikipedia.org/wiki/Deafness>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [9] Slušna prizadetost, https://sl.wikipedia.org/wiki/Slu%C5%A1na_prizadetost, [Online; accessed 30-september-2023].
- [10] Z. za osebno asistenco slovenije, Gluhota in naglušnost, <https://osebna-asistenca.si/gluhota-in-naglusnost/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [11] Diagnostični Avdiometer, <https://innorenew.eu/sl/equipment/diagnostic-audiometer/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [12] Z. društev gluhih in naglušnih Slovenije, GLUHOST, <http://zveza-gns.si/o-zvezi/o-gluhoti/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [13] Z. društev gluhih in naglušnih Slovenije, KAJ JE ZNAKOVNI JEZIK?, <https://zveza-gns.si/slovar-slovenskega-znakovnega-jezika/kaj-je-znakovni-jezik/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [14] Slovar slovenskega znakovnega jezika, https://www.termania.net/slovarji/298/Slovar_slovenskega_znakovnega_jezika?query=farmar&sl=61, [Online; accessed 30-september-2023] (2021).
- [15] Slovar slovenskega knjižnega jezika - UVOD, https://fran.si/130/sskj-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika/datoteke/SSKJ_Uvod.pdf, [Online; accessed 30-september-2023].
- [16] 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.
- [17] International Sign, https://en.wikipedia.org/wiki/International_Sign, [Online; accessed 30-september-2023].

-
- [18] I. A. DAYAS, How monks helped invent sign language, <https://www.nationalgeographic.com/history/history-magazine/article/creation-of-sign-language>, [Online; accessed 30-september-2023] (2019).
- [19] Slovenski znakovni jezik, https://sl.wikipedia.org/wiki/Slovenski_znakovni_jezik, [Online; accessed 30-september-2023].
- [20] A. McCarty, Notation systems for reading and writing sign language, *The Analysis of verbal behavior* 20 (2004) 129–34. doi:10.1007/BF03392999.
- [21] T. Hanke, Hamnosys—representing sign language data in language resources and language processing contexts, 2004.
- [22] National qualifications framework, <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/slovenia/national-qualifications-framework>, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [23] Tolmačenje znakovnega jezika, https://sl.wikipedia.org/wiki/Tolma%C4%8Denje_znakovnega_jezika, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [24] Accessibility, <https://en.wikipedia.org/wiki/Accessibility>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [25] U. Nations, Universal Declaration of Human Rights, <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [26] 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>, [Online; accessed 30-september-2023] (2008).

-
- [27] E. Commision, European accessibility act, <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1202>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [28] EUR-LEX, DIRECTIVE (EU) 2019/882 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0882>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [29] World Federation of the Deaf, <https://wfdeaf.org/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [30] Web accessibility, <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [31] WCAG 2 Overview, <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [32] WCAG 3 Introduction, <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/wcag3-intro/>, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [33] SLOVENSKI ZNAKOVNI JEZIK, <https://zveza-gns.si/o-zvezi/znakovni-jezik/>, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).
- [34] Ustava Republike Slovenije (URS), <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=USTA1>, [Online; accessed 30-september-2023] (2014).
- [35] M. R. Slovenija, DOSTOPNO, <https://www.rtv slo.si/dostopno>, [Online; accessed 30-september-2023].
- [36] 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).
- [37] S. Horvath, Kara Technologies, <https://unwinnable.com/2019/03/01/kara-technologies/>, [Online; accessed 30-september-2023] (2019).

-
- [38] 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>
- [39] M. Roser, H. Ritchie, E. Mathieu, What is Moore's Law?, <https://ourworldindata.org/moores-law>, [Online; accessed 30-september-2023] (2023).