



Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
**ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИЧКИ НАУКИ И
КОМПЈУТЕРСКО ИНЖЕНЕРСТВО**

СИСТЕМ ЗА МАКЕДОНСКИ ЗНАКОВЕН ЈАЗИК НАМЕНЕТ ЗА ЛИЦАТА СО ОШТЕТЕН СЛУХ

докторска дисертација

Кандидат

м-р Бобан Јоксимоски

Ментор:

проф. д-р. Драган Михајлов

септември 2020 година

Скопје

Комисија во состав:

проф. д-р. Сузана Лошковска,
претседател

проф. д-р. Драган Михајлов,
ментор

проф. д-р. Катерина Здравкова,
член

проф. д-р. Иван Чорбев,
член

проф. д-р. Цвета Мартиновска Банде,
надворешен член

*посветено на
мојата сопруга Елена
мојот син Никола
и на моето семејство*

Содржина

1	Вовед	1
2	Преглед на асистивни технологии	5
2.1	Попреченост и категоризација на попреченостите	5
2.2	Општ преглед на асистивни технологии	8
2.3	Попречености на слух и општ преглед на состојби поврзани со оштетувања на слухот.	12
2.4	Асистивни технологии наменени за лица со целосно или делумно оштетен слух	15
3	Комуникација и знаковни јазици	19
3.1	Историја на знаковните јазици	20
3.2	Аквизиција на знаковни јазици	24
3.3	Знаковни јазици од лингвистичка гледна точка	26
3.4	Нотации за запис на знаковни јазици	30
3.4.1	Речник нотација (GLOSS)	30
3.4.2	Стоко нотација	31
3.4.3	Хамбургшки нотациски систем	34
3.4.4	SignWriting Нотација	35
3.5	Лицата со оштетен слух во Македонија и Македонски знаковен јазик	36
3.6	Дискусија	40
4	Компјутерски поддржани платформи за знаковни јазици	41
4.1	Влезни модалитети	41
4.2	Излезни модалитети	47
4.2.1	Модалитети базирани на статични содржини	48
4.2.2	Видео базирани системи	51
4.2.3	Употреба на дигитални карактери (аватари)	53
4.3	Препознавање на знаковни јазици	55

5	Имплементација на платформа за македонски знаковен јазик	57
5.1	Клиентски модул	60
5.1.1	Детален преглед на постапки при креирање на виртуелен карактер наменет за знаковен јазик	61
5.1.2	Карактеристики на хуманоидни дигитални аватари	62
5.1.3	Тродимензионално моделирање и сенчање на карактер	64
5.1.4	Креирање на контроли за движење на аватарот	67
5.1.5	Импортирање на дигиталниот аватар во реално-временски базиран систем за анимацијата	69
5.1.6	Имплементација на систем за реално-временска анимација	72
5.2	Серверски модул	72
6	Употреба и валидација на системот	74
6.1	Внесување на основни знаци и поими во системот	74
6.1.1	Анимација на основните знаци и внесување во системот	75
6.1.2	Пренесување на анимиран говор	80
6.2	Визуелизација на буквите од МЗЈ	82
6.3	Валидација на системот	83
7	Заклучок и понатамошна работа	85

Листа на табели

2.1	Степени на губиток на слух и соодветните реперкусии врз методите на комуникација (адаптирано од [1].)	14
2.2	Табела за квантификација на процент на попреченост	15
3.1	Споредба на карактеристиките на говорниот јазик, знаковниот јазик и форми на знаковен јазик кај примати според Хокет.	29
6.1	Пример сумаризиран запис на основни трансформации за даден поим	75

Листа на слики

2.1	Универзалниот знак за места кои користат звучна јамка	16
2.2	Различни типови на уреди за засилување (превземено од Wikipedia CC BY 2.0)	17
3.1	Стоко нотација на „НЕ ЗНАМ“ во американскиот знаковен јазик. . .	31
3.2	Табула позициите дефинирани од Стоко	32
3.3	Десигнатор симболите дефинирани според Стоко	33
3.4	Македонскиот речник на знаковен јазик и приказ на поими во речникот	38
3.5	Картички за еднорачна и дворачна азбука на МЗЈ (превземено од сајтот на НСГНМ)	39
4.1	Податочна ракавица од компанијата AccelGlove (превземено од Wikimedia CC by 4.0)	43
4.2	Kinect за Xbox 360 (лево) и Kinect за Xbox One (десно)	46
4.3	Intel RealSense F200	47
4.4	Извадок од „Чирологија“, каде се прикажани позициите на рацете и нивното значење според авторот.	49
4.5	Извадок од „Чирономиа“, каде се прикажани позициите на рацете . .	49
4.6	Аватари за знаковни јазици: (а) Висиа за ViSiCAST, (б) Гвидо за eSign, (в) виртуелен карактер за Auslan Tuition System	55
5.1	Генерална архитектура на клиент-сервер систем	58
5.2	Компонентен дијаграм на системот	59
5.3	репрезентација на човековото тело: (а) поедноставен приказ на хиерархија на човековото тело (лево), (б) приказ на хиерархијата во форма на хиерархиско стебло (десно)	63
5.4	Пример за родител-дете хиерархија. Детето објект има само трансляција по X оската во однос на родителот кој е ротиран.	64
5.5	Polygonal modelling: (а) selected 3 vertices (жолта боја), (б) рабови меѓу 2 соседни темиња (портокалова боја), (в) страна креирана од 4 темиња (портокалова боја), (г) полигонален модел на човечка глава	65

5.6	Пример за креирање на машки модел преку одбирање на параметри во MakeHuman	66
5.7	Репрезентација на степените на слобода за хуманоиден скелет (адаптирано од [2])	68
5.8	Клучни рамки: (а) Приказ на 3 клучни рамки при движење на сфера (горе). (б) графички приказ на трансформациите во дадениот временски интервал (доле).	72
6.1	Позициите за параметрите <code>elbow_extended</code> (горе) и <code>elbow_flexed</code> (доле) за пример виртуелен карактер	78
6.2	Позициите за параметрите <code>dorsiflexion</code> (горе лево), <code>palmar flexion</code> (горе десно), <code>radial deviation</code> (доле лево) и <code>ulnar deviation</code> (доле десно) за пример виртуелен карактер.	79
6.3	Екстреми за говор на буквата <code>ř</code>	80
6.4	Пример дефиниција на можните движења на зглобот на десната рака	81
6.5	Екстреми за говор на буквата <code>љ</code> кај зглобот на десната рака. Трансформациите се изразени во проценти додека времето е изразено во секунди.	81
6.6	Секвенца за изговор на буквите <code>J</code> и <code>A</code>	83

Благодарност

Огромна благодарност до мојот ментор, проф. д-р. Драган Михајлов кој секогаш ме охрабруваше дури и во моментите кога си поигрував со неговото трпение. Неговиот совет беше секогаш присутен и достапен во било кое време од денот.

Особена благодарност и до проф. д-р. Иван Чорбев кој заедно со мојот ментор ми овозможија да ги постигнам моите цели.

Им се заблагодарувам и на проф. д-р. Сузана Лошковска и проф. д-р. Катерина Здравкова, за советите, коментарите и сугестиите за време на докторските студии и изработката на оваа дисертација.

Исто така сакам да им се заблагодарам на сите мои колеги и соработници кои помогнаа при изработката на овој труд.

Бобан Јоксимоски

Апстракт

Во светот постојат огромен број на јазици за комуникација. Тие најчесто се делат во голем број на категории и типови, најчесто според генеолошката класификација, како и според типот на комуникацијата (вербална и невербална).

Се проценува дека преку 360 милиони луѓе во светот се соочуваат со оштетување на слухот и следствено со проблеми при стандардната вербална комуникација преку употреба на фонетски единици (звуци). Популацијата со делумно или целосно оштетен слух се соочува со потешкотии при интегрирање во општеството и припаѓа на различна субкултура и јазична група, дополнително зголемуваќи го јазот кој постои меѓу нив и активните практиканти на фонетска комуникација.

Како основен начин за намалување на јазот меѓу лицата со оштетен слух и лицата кои немаат оштетен слух е да се надмине „јазичната бариера“, односно да се најде соодветно експресивен начин на комуникација. Знаковните јазици претставуваат визуелни јазици кои користат движење на раце, тело и изрази на лице за да искажат соодветна порака.

Во оваа теза се истражува употребата на знаковните јазици како основен модалитет за извршување на комуникација. Истовремено ќе се разгледа Македонскиот знаковен јазик, неговата употреба и ќе се направи анализа на потребите од систем за визуелизација на Македонскиот знаковен јазик.

Врз основа на тоа се креира предлог систем за визуелизација на знакови јазици, со особен аспект на визуелизација на Македонскиот знаковен јазик. Системот се состои од неколку модуларни дела: визуелизација, дигитален речник, систем за превод од текст во нотациски систем кој е погоден за Македонскиот знаковен јазик. Дополнително, се разгледуваат и предложуваат опции за креирање и аквизиција на знаковен говор од говорителите на Македонскиот знаковен јазик.

Abstract

There are a huge number of languages in the world for communication. They are usually divided into a large number of categories and types, most often by genealogical classification, as well as the type of communication (verbal and non-verbal).

It is estimated that over 360 million people worldwide are affected by partial or full hearing loss and consequently problems with standard verbal communication through usage of phonetic units (sounds). The Deaf population faces challenges in integrating into society and belongs to a different subculture and language group, further widening the gap among them and the general population.

As a basic way to reduce the gap between people with significant hearing loss and people that have normal hearing is to overcome the "language barrier" that is, to find an appropriately expressive mode of communication. Sign languages represent visual languages that use movement of hands, body and facial expressions to express the appropriate message.

This thesis explores the use of sign languages as a basic modality to carry out communication. At the same time a special aspect is given to Macedonian sign language, its use and analysis of the requirements for a visualization system for the Macedonian Sign Language.

Based on this, a system for sign language visualization is proposed, with a particular aspect of visualization of the Macedonian sign language. The system consists of several modules: visualization, digital vocabulary, translation system for text into a notation system suitable for the Macedonian sign language. Additionally, the thesis discusses options for the creation and acquisition of sign language by speakers of the Macedonian sign language.

Глава 1

Вовед

The will is deaf and hears no heedful friends.

William Shakespeare (1564 – 1616)

Популацијата која има делумно или целосно оштетен слух претставува значителен дел од светското население. Светската здравствена организација (СЗО) во своите статистики проценува дека околу 466 милиони лица имаат значително оштетување на слухот и дека таа бројка ќе расте понатаму, со проценка дека ќе достигне 900 милиони лица до 2050 година. Причината за растот на популацијата, СЗО ја препишува на модерниот начин на живеење како и на одреден број на генетски predispositions и превентивни болести.

Одреден број личности од популацијата која има оштетен слух имаат тешко или целосно оштетување (глувост), односно не се во можност да восприемаат гласовни информации и да комуницираат употребувајќи стандарден говорен јазик. Во одредени општества, глувите лица имаат развиено софистицирани начини на комуникација, кои се засноваат на движење на делови од телото (горните екстремитети, изрази на лицето, главата, торзото) и соодветно формираат своја (суб)култура, каде индивидуите се декларираат како **Глуви лица** и припадници на **Глувата заедница и култура**. Потребата и придобивките од инклузија на припадниците на Глувата заедница се многубројни и се вложува значителен напор за подобра интеграција.

Во Република Македонија, состојбата на лицата со делумно или целосно оштетен слух е незавидна. Оваа популација не е доволно вклучена во рамките на општеството и лицата кои директно се во контакт со оваа популација активно бараат начини да се подобри нивната состојба.

Денешната технологија, а пред се информатичките технологии, се развива со неверојатна брзина. Како значително поле на истражување се наведуваат можностите

за премостување на комуникациските бариери кои постојат, пред се при употребата на говорните јазици. По првобитната афирмација на знаковните јазици (првенствено на Американскиот знаковен јазик а подоцна и на останатите знаковни јазици), се прават напори за разбирање и дигитализација на знаковните јазици и соодветно развивање на алатки кои ќе овозможат да се олесни комуникацијата на лицата кои говорат знаковни јазици со лицата кои користат стандарден говорен јазик. Тука се преклопуваат неколку значителни полиња на истражување: асистивните технологии, компјутерската лингвистика и компјутерската графика.

Полето на асистивните технологии има основна цел да им го подобри квалитетот на животот на корисниците, додека компјутерски потпомогнатите асистивни технологии се наметнуваат како составен дел од секој модерен асистивен уред. Полето на лингвистика, а особено компјутерска лингвистика овозможува да се откријат правилата кои се важни за моделирање на знаковни јазици. Компјутерската графика и сродните области специфично се наметнуваат при работата со знаковните јазици поради нивната изразито визуелна природа.

Целта на овој труд е да се истражат можностите за употреба на компјутерските базирани технологии за дигитализација и визуелизација на Македонскиот знаковен јазик (МЗЈ), и со тоа да се постави основата за останати идеи и истражувања кои ќе се фокусираат на негово понатамошно изучување и употреба. Македонскиот знаковен јазик е деклариран како официјален јазик на територијата на Р. Македонија меѓутоа лицата кои се способни да го толкуваат и преведуваат се малку на број и не се доволни за да се задоволат потребите на говорителите на МЗЈ.

За таа цел, развиен е систем кој има повеќекратна улога. Првенствениот фокус на системот е употреба на виртуелни тродимензионални карактери (аватари) да се овозможи синтетичко генерирање на знаковен говор од претходно дефиниран текст. Во трудот се разработуваат техниките за градење, контролирање и анимација во реално време на виртуелниот карактер. Притоа особено внимание ќе се посвети на визуелизација на човековите движења во насока за употреба на знаковниот говор.

Во трудот е опфатена и систематизација и дигитална репрезентација на речник на знаковниот јазик во предлог нотација, наменет првенствено за употреба со Македонскиот знаковен јазик.

Покрај тоа трудот се фокусира и на употреба и разработка на техники за аквизиција на знаковен говор и искористување на модерниот хардвер базиран на видео записи и записи од длабочински камери за аквизиција и градење на речникот за знаковен јазик.

Трудот е организиран на следниот начин:

Во **глава 2** е направен генерален преглед на асистивните технологии, причините за појава на инвалидитет, типовите на инвалидитет. Посебно е посветено внимание на слухот, каде се разработени причините за оштетување на слухот, последиците од

оштетувањето на слухот како и категоризација на оштетувањето на слухот. Асистивните технологии кои се наменети за лицата со оштетен слух дополнително се разработени во рамките на оваа глава.

Глава 3 прави општ преглед на комуникацијата како поим и соодветно прави осврт кон знаковните јазици. Притоа се дискутира историјата на знаковните јазици, направен е краток преглед на аквизицијата на знаковните јазици и се дискутира лингвистичкиот пристап кон категоризација и разликите во однос на говорните јазици како и нивната фонологија. Во оваа глава се разработени и првобитните истражувања во врска со знаковните јазици, нивните карактеристики и нотациите за запис кои се користат за нивна репрезентација. Во последниот дел ќе се направи краток осврт кон состојбата на Глувата популација во Р. Македонија, како и состојбата на Македонскиот знаковен јазик.

Во **глава 4** се разгледуваат аспектите при употреба на компјутерските науки за проучување, систематизација и визуелизација на знаковните јазици. Се прави и опис на софтверски решенија кои имаат слична цел како и системот кој е тема на разработка.

Во рамките на оваа глава се дискутираат типовите на влезни податоци, начинот на прибирање на истите како и употребата на специјализирани уреди за добивање на прецизни податоци. Понатаму се дискутираат начините на приказ на знаковни јазици (видео, слики, виртуелни карактери) како и предностите и недостатоците на секој од нив. Во посебен дел се дискутира темата за препознавање на знаковни јазици, тема која нема да биде значително имплементирана во рамките на системот но, се смета како интегрален дел за понатамошна работа.

Делот **Имплементација на платформа за македонски знаковен јазик** (глава 5) во себе го опишува системот кој е развен како цел на овој труд. Системот е поделен на неколку делови и во себе опфаќа: клиентски модул кој е одговорен за излезниот модалитет во форма на анимиран виртуелен карактер; серверски модул кој е одговорен за процесирање на параметрите со цел да се визуелизираат од клиентскиот модул; модул за аквизиција кој овозможува да се приберат податоците преку употреба на RGBD системи на камери и соодветно да се процесираат за употреба во рамките на целиот систем. Подетално се дискутираат пристапите за генерирање на виртуелниот карактер, начините за контролирање на истиот, употреба на реално-временски техники и платформи за анимирање на системот и архитектурата на серверскиот модул кој треба да го генерира знаковниот говор

Во делот **Употреба и валидација на системот** (глава 6) се врши преглед на имплементираниите техники и се врши споредба на истите со веќе постоечките системи. Притоа се врши и дискусија за понатамошна надградба на системот и можностите за воведување на нови модули, подобрување на моменталниот систем и предизвици кои ќе треба да се исполнат да се овозможи негова употреба.

Заклучокот (**глава 7**) ги реитерира искажаните ставови во рамките на тезата и соодветно ги потенцира најзначајните придобивки од трудот.

Глава 2

Преглед на асистивни технологии

*Music is like a dream. One that
I cannot hear.*

Ludwig van Beethoven (1770 – 1827)

Во оваа глава е презентирана литературата која е основа или е поврзана со целта и материјалот кој се обработува во овој труд. Главата опфаќа разработка и дефинирање на поимите и преглед на соодветните области кои се од интерес за трудот.

Прво се дефинирани поимите за **попреченост** и **асистивни технологии**, потоа е разгледанда генералната поделба на истите, и посебно се обработени асистивните технологии за лицата со оштетен слух, како и компјутерски базираните асистивни технологии.

2.1 Попреченост и категоризација на попреченостите

Поимот **попреченост** (анг. disability) претставува термин кој опишува широк спектар на состојби што може да бидат присутни кај човекот. Заедничко за сите состојби е дека воведуваат потешкотии при функционирањето на човекот во секојдневниот живот. Конкретно, според „Светската здравствена органи зација“ (СЗО), терминот попреченост се дефинира како [3]:

попреченост е поим кој ги покрива оштетувањата, ограчувањата на активностите како и рестрикции при партиципацијата. Терминот оштетување претставува проблем при функционирање на телото или структурата; ограничувања на активноста е потешкотија со која се соочува индивидуата при извршување на задача или акција; додека рестрикција при парти-

ципација претставува проблем со кој се среќава индивидуата во животни ситуации. Според тоа, попреченоста не е само здравствен проблем. Тоа е комплексен феномен, кој ја рефлектира интеракцијата меѓу особините на човековото тело и особините на општеството во кое тој или таа живее.

Општеството во своите доби различно ги третирало различните типови на попречености. Со продолжување на животниот век на човекот, се зголемува потребата од менаџирање на попреченостите, пред се поради тоа што голем дел од нив се изразени во подоцнежните декади од човековиот живот. Постојат повеќе обиди да се процени бројот на индивидуи кои се засегнати од одредена попреченост. Според СЗО, приближно 10% од светската популација се соочува со значителна или тешка попреченост [4], според дефиницијата зададена претходно. Во овој извештај не се вклучени полесните форми на попреченост, кои многу често се игнорирани од популацијата. Соодветно, во развиените општества се разбира потребата од справување со различните типови на попреченост и соодветно се бараат начини за поуспешно функционирање на засегнатите лица.

Подетално, потребите и проблемите со кои се соочуваат лицата со попреченост се класифицирани според Интернационалната класификација за функционирање, попреченост и здравје - ИКФ (International Classification of Functioning, Disability and Health - ICF) [5]. Класификацијата е првпат воведена во 1980 година и истата е ревидирана во 2001 година. Документот се темели врз неколку аспекти на попреченостите пред се:

- телесни функции и структура
- дополнителни информации за тежината и факторите на околината
- активности (поврзани за активностите и задачите на индивидуата) и партиципација (од аспект на животни ситуации)

Според истиот документ, попреченостите може да влијаат на повеќе начини и според тоа што афектуираат и може да се поделат на попречености на: вид, слух, мислење, учење, движење, ментално здравје, помнење, комуникација и социјални односи.

Според истата, попреченостите се класифицираат во следните широки области:

физички и мобилни попречености - претставува категорија на попречености кои вклучуваат индивидуи кои имаат различни типови на попречености, вклучувајќи:

- попреченост на горните екстремитети
- попреченост на долните екстремитети

- попреченост на рачните (фините моторни) вештини
- попреченост во координацијата на различните органи во телото

Мобилната попреченост може да биде или вродена или здобиена во текот на животот (вклучувајќи го процесот на стареење). Исто така, мобилната попреченост може да биде предизвикана од болест.

попречености предизвикани од повреда на ‘рбетот - претставуваат повреди кои најчесто се последица од сериозни несреќи. Повредата може да биде некомплетна, доколку пораките кои се проследуваат од ‘рбетот не се целосно загубени, или комплетна, при што постои целосна дисфункционалност при пренесувањето на пораките до соодветните органи. Во одредени случаи, повредите на ‘рбетот се вродени.

повреди на глава - во оваа група најчесто спаѓаат повредите на мозокот. Степенот на повредата може да варира и генерално повредите на мозокот се делат на:

- здобиени повреди на мозокот (Acquired Brain Injury – ABI)
- трауматични повреди на мозокот (Traumatic Brain Injury – TBI)

Причините најчесто се сведуваат на екстерна сила која дејствува врз делови од телото и најчесто резултираат во емоционална дисфункционалност и промени во однесување.

визуелни попречености - претставува раширена појава на попреченост. Поимот се дефинира како намалена можност за гледање, до степен кој создава проблеми кои не се корегираат со стандардните методи, како очила, леќи или медикаменти. Визуелните попречености се појавуваат како последица од болест, траума или пак од конгенитални или дегенеративни услови.

попречености на слух - тука се опфаќаат индивидуите кои се комплетно глуви или парцијално глуви (наглуви) лица. Наглувите лица често користат слушни помагала како форма на асистивни технологии.

когнитивни попречености - тоа се попречености присутни кај лица кои се справуваат со големиот број на попречености при учење (пр. дислексија) и во себе ги вклучуваат и попречености при говор.

психолошки попречености - претставуваат ментални или бихевијорални модели (шаблони) кои предизвикуваат потешкотии или проблеми при функционирање во секојдневниот живот. Најчесто се категоризираат на:

афективни попречености - тоа се попречености кои се манифестираат во промени на расположението. Можат да бидат краткотрајни или долготрајни и во себе опфаќаат манични или депресивни епизоди.

ментални попречености - најчесто се поврзуваат со индивидуи кои имаат искусено психијатриски проблеми или болести (пр. шизофренија)

Како што може да се заклучи од претходнио наведеното, попреченостите претставуваат широк поим кој опфаќа мноштво на состојби. Секојдневното живеење со попреченостите претставува значителна препрека за индивидуите кои се соочуваат со истите и не овозможува истите да функционираат во рамките на општеството.

2.2 Општ преглед на асистивни технологии

Еден од начините за справување со различните типови на попречености е да се употребат асистивни технологии. Постојат мноштво на дефиниции за тоа што претставуваат асистивните технологии, како и на кој начин може да се категоризираат истите. Тие варираат врз основа на контекстот во кој се користат. Како најпогодна, а воедно и најпозната, може да се употреби дефиницијата на **Асоцијацијата на индустрии за асистивни технологии** (Assistive Technology Industry Association – ATiA), која го дефинира поимот асистивни технологија (АТ) како [6]:

„секој предмет, парче од опрема, софтверска програма или систем кој се користи да се зголемат, одржат или подобрат функционалните способности на лица со попреченост“.

Дефиницијата која е наведена тука влече корени од секцијата 508 од „Актот за американци со попреченост“ (Americans with Disability Act - ADA) од 1973 година. Со текот на годините остварени се повеќе напори за креирање на законската регулатива потребна за употребата и промовирањето на асистивните технологии. Како најпознат може да се спомене IDEA актот од 1997 година како и неговата ревизија 2004 кои сè фокусираат на употребата на асистивни технологии во образованието:

Асистивна технологија е хардвер или софтвер кој му помага на лицето да користи компјутер. Асистивни технологии вклучуваат читачи на екран, системи за препознавање на говор како и останати уреди за внесување на податоци, како големи тастатури и педали за глушец.

За разлика од дефиницијата на ADA која се фокусира на асистивните технологии во образованието, Светската здравствена организација прави свои напори за дефинирање на поимот како и на потребата од асистивни технологии. Според СЗО

асистивните технологии претставуваат поим кој ги опфаќа системите кои се одговорни за достава и употреба на асистивни продукти и асистивни сервиси. Асистивните продукти го одржуваат или подобруваат функционирањето на индивидуата, придонесувајќи кон нивната независност и добросостојба.

Според СЗО, предностите од употребата на асистивните технологии се многубројни [7]:

- Асистивните технологии им овозможуваат на луѓето да живеат здрави, продуктивни, независни и достоинствени животи, и да учествуваат во образованието, пазарот на труд и цивилниот живот.
- Асистивните технологии ја редуцираат потребата од формални здравствени сервиси и сервиси за поддршка, долготрајна нега и ангажираност на негувателите.
- Без асистивни технологии, лицата се најчесто исклучени, излолирани и приморани на сиромашен живот, со тоа зголемувајќи го влијанието на болести и попреченостите на лицето, на неговата фамилија и општеството.

Се проценува дека 1 од 10 индивидуи има пристап до асистивни технологии, пред се поради финансиски причини, недостаток од свест, лоша достапност и недоволен персонал. Преку својата иницијативна за Глобална кооперација за асистивни технологии (Global Cooperation on Assistive Technology), СЗО поставува цели кои треба да се исполнат со цел да се подобри состојбата на лицата кои имаат потреба од асистивни технологии. Се проценува дека повеќе од 1 милијарда луѓе моментално имаат потреба од асистивни технологии, а се очекува дека тој број до 2050 година ќе нарасне до 2 милијарди, при што голем број на лица ќе имаат потреба од повеќе асистивни уреди.

Во понатамошниот дел од трудот, терминот **асистивни технологии** ќе означува:

поле во кое се проучува можноста, имплементацијата и начините на употреба на уреди, алатки и сервиси, со цел помагање, олеснување, одржување и подобрување на способностите на лицата со попреченост или лицата со останати потреби.

Полето на асистивни технологии е широко и постојат напори за истото да се категоризира и стандардизира. Најпопуларен начин за поделба на асистивните технологии е според типот на попреченост која се манифестира кај корисникот на асистивната технологија, односно според попреченоста со која се соочува корисникот на асистивните технологии.

Алтернативна категоризација е според функционалноста/подобрувањето кое е овозможено од соодветната асистивна технологија. Како релативно комплетна листа на категории за асистивни уреди може да се наведат:

помагала за комуникација - во оваа категорија спаѓаат уредите кои се дизајнирани да им помогнат на лицата со пречки при говор или при пишување. Може да варираат од едноставни уреди, како слики или букви кон кои се покажува па се до софистицирани компјутерски програми. Како подкатегории може да се наведат:

помагала за говор и аугментирана комуникација - пред се тука се уредите за алтернативна и аугментирана комуникација кои може да бидат електронски или не-електронски. Уредите овозможуваат да се измени методот за комуникација на потребите, емоциите, идеите и перцепцијата и овозможуваат експресивна или рецептивна комуникација на лицата со ограничена или целосна попреченост при говор. Најчести уреди се: табли за комуникација, синтетизатори на говор, текст-во-говор софтвер и хардвер, телефонска опрема, стапчиња за на глава, светлосни покажувачи, итн.

помагала за пишување и куцање - вклучуваат тактилни уреди, Брајови уреди, уреди за прибележување, софтвер за предвидување и довршување на зборови, разни типови на модифицирани и портабилни машини за куцање, итн.

помагала за пристап до компјутер - претставуваат хардверски и софтверски производи што им овозможуваат на лица со попреченост да пристапат, стапат во интеракција и користат компјутери. Понатаму може да се категоризираат во:

Алтернативни уреди за внес - вклучуваат алтернативни и адаптивни тастатури, алтернативни и ергономски глумци или останати уреди за покажување, уреди за покажување базирани на поглед, уреди за покажување со помош на уста/јазик, екрани на допир, уреди за покажување контролирани од мозокот, системи за внесување базирани на глас, софтвер за преведување од говор во текст, ергономска опрема, виртуелна тастатура, виртуелно зумирање, итн.

Алтернативни уреди за излез - се уреди кои (генерално) овозможуваат слепи лица или лица со оштетен вид да стапат во интеракција со компјутер. Пред се тука се Брајовите дисплеи, Брајовиот печатач, софтверски читачи од екран, специјалните монитори, итн.

Пристапен софтвер - вклучува софтвер кој е прилагоден за деца и возрасни со попречености.

Универзален дизајн - методи за дизајн, техники и насоки за креирање на компјутери и апликации кои се пристапни за лица со попречености.

помагала за секојдневно живеење - тоа се уреди кои помагаат на лицата со попречености во дневните активности како облекување, лична хигиена, одржување на домот, готвење, итн.

помагала за образование и учење - тука пред се спаѓаат когнитивните помагала, пред се софтверот кој се фокусира на категоризација, асоцијација, резонирање, донесување на одлуки, решавање на проблеми, развивање на вештини за перцепција, итн.

помагала за околината - адаптациите на околината кои овозможуваат да се отстранат или намалат физичките бариери. Најчесто опфаќаат специфични помошни градби/објекти како и уреди за контролирање на животната околина. Пред се тука може да се споменат најразличните пристапни рампи, специјално прилагодени уреди за контролирање на различните домашни апарати, уреди за автоматизација на домот, итн.

ергономски уреди - помагала кои се наменети за намалување на можноста од здобивање на повреди. Тука најчесто се вклучени адаптибилни работни станици, адаптибилен мебел, помагала за пишување, специјализирани седишта и светла, поддршки за раце/зглобови, итн.

помагала за мобилност и транспорт - претставуваат производи кои и помагаат на индивидуата да се движи во рамките на нивната околина и им овозможуваат самостојност при личниот транспорт. Тука се вклучени помагала за стоење и одење, специјализирани скутери, инвалидски колички, специјално адаптирани велосипеди, лифтови, итн,

протетички и ортотитчки помагала - помагала кои заменуваат и дополнуваат дел од телото. Пред се тука се вештачките екстремитети и други ортотитчки помагала (лонгети, појаси, стегачи, итн).

помагала за рекреација и уживање - производи кои им помагаат на лицата со попречености да учествуваат во спортски, социјални и културни настани. Вклучуваат специјализирана опрема за спортови (пр. скијање, трчање, едрење, итн.), адаптибилни контроли за видео игри, аудио дескрипција на филмови, итн.

помагала за вид и читање - вклучуваат уреди кои се наменети за слепи или лица со оштетен вид. Пред се тука се вклучени уредите за говор, системите за оптичко препознавање на знаци, електронските читачи на книги, Брајовите уреди, аудио книгите, системите за надзор (CCTV) и многу други.

помагала за седење и позиционирање - тоа се уреди кои им помагаат на лицата да воспостават поголема контрола врз телото, да ја зголемат стабилноста, да овозможат исправена позиција на телото, итн.

асистивни сервиси - претставуваат сервиси кои се достапни на лицата со попречености или нивните негуватели да се овозможи избирање, здобивање и употреба на уреди. Тука се подразбира евалуација, тренинг и демонстрација на уредите.

слушни помагала - производи наменети за глуви и наглуви лица. Тука се вклучени асистивните уреди за слух, слушните апаратчиња, личните системи за засилување, системите базирани на аудио/ФМ јамка, системите за визуелна сигнализација, текст телефоните, итн. Уредите ќе бидат подетално разработени во рамките на трудот.

Секоја од претходните категории овозможува да се креира посебна научна, медицинска и истражувачка област, со цел подетално да се проучат потребите и можностите за креирање на уреди кои ќе овозможат минимизирање на пречките кои се појавуваат.

2.3 Попречености на слух и општ преглед на состојби поврзани со оштетувања на слухот.

Слухот е едно од петте основни сетила со кои се служиме во секојдневниот живот. Оштетувањето на слухот е раширена појава на попреченост која се карактеризира со намалена сензитивност на аудиторни дразби. Губитокот на слух е една од најраширените состојби со кои се соочуваат луѓето. Според СЗО, преку 360 милиони лица низ светот имаат значителен губиток на слух, а се проценува дека преку 1.1 милијарда млади лица се подложни на значителен губиток на слух поради преголема експозиција на звуци.

Во рамките на оваа област, постојат повеќе поими кои треба да се дефинираат:

„губиток на слух“ односно **„попреченост на слух“** - претставува поим кој се користи од медицинските лица за да се опише состојбата кога слухот е деградиран врз основа на стандардно воспоставените нивоа. Деградацијата на слухот се одредува со процес наречен **аудиометрија**.

„глувост“ или **„целосно оштетување на слухот“** - е термин кој означува тешко или целосно губење на слухот.

„Глува култура“ - претставува термин кој ги опфаќа лицата кои се дел од посебна и уникатна социјална група. Лицата кои се дефинираат како припадници

на Глувата култура комуницираат исклучително со користење на знаковен јазик и имаат тешко или целосно оштетување на слухот. Припадниците на оваа група не се сметаат за попречени и нивната состојба не е цел на третман или лекување.

„наглувост“ односно **„делумно оштетување на слухот“** - претставува термин со кој се опишува состојба кога оштетувањето на слухот не е целосно и индивидуата може да користи говор при комуникација.

Оштетувањето на слухот претставува најчестата сензонеурална вродена состојба („вроден дефект“) присутна кај новороденчињата и таа состојба се шири со стареењето. Најчестите причините за ширење се генетските фактори и факторот на околината [8, 9].

Од клиничка гледна точка, оштетувањето (а со тоа и губењето) на слухот може да се карактеризира од неколку гледни точки. Според типот на губењето на слухот, може да се категоризира како [10]:

кондуктивно губење на слух - настанува кога се појавува проблем при преносот на звучните бранови низ надворешното и средното уво.

сензонеурално губење на слух - настанува кога се појавува оштетување на внатрешното уво, односно на вестибилокохлеарниот нерв или некој друг дел од нервниот систем

комбинирано губење на слух - кога слухот се губи поради комбинација од кондуктивно и сензонеурално оштетување.

Според времето кога се здобива оштетувањето на слухот, од особено значење е периодот кога се развиваат јазичните способности на индивидуата. Соодветно се дефинираат два периода:

прелингвално губење на слухот - кога губењето на слухот настанува пред индивидуата да ги развие своите говорни способности.

постлингвално губење на слухот - настанува кога губењето на слухот настанува откако индивидуата ги развива говорните способности.

Според начинот на кој е дојдено до губењето на слухот, може да се дефинира:

конгенитално губење на слух - при што губитокот на слух е последица од генетски или останати фактори и е присутно при раѓањето.

здобиено губење на слух - при што губитокот се на слух се здобива по раѓањето.

Постојат и други начини да се категоризира губењето на слух, меѓутоа ќе бидат спомнати само тие што се од интерес и релевантност во рамките на трудот.

Причините за губење на слух се многубројни, почнувајќи од генетски причини, болести, токсини и инфекции па сè до фактори на околината и стареењето. Крајниот ефект на секоја од состојбите е делумно или целосно губење на слухот.

Постојат повеќе начини за мерење на губитокот на слух. Најчестиот начин е да се изврши квантификација на степенот на губење на слух изразен во децибели на губиток на слух (dB HL - decibels of hearing loss). Доколку се земе во предвид природата на аудиторните системи, губитокот на слух се менува и варира во однос на фреквенцијата на звучниот сигнал и според тоа се мери во однос на неколку предефинирани фреквенции, кои најчесто се: 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz. Идеалниот случај (кога не постои губиток на слух) е изразен како 0 dB HL. Нормален слух е кога во рангот на фреквенциите кога се тестира, не постои губење на слухот за повеќе од 15 dB. Табела 2.1 ги сумаризира степените на губиток на слух кои се стандардизирани.

Табела 2.1: Степени на губиток на слух и соодветните реперкусии врз методите на комуникација (адаптирано од [1].)

степен	губиток на слух во децибели (dB HL)	метод на комуникација
благо	26–40 dB	помали проблеми при комуникација
значително	41–55 dB	проблеми при комуникација без употреба на слушни апаратчиња
големо	56–70 dB	проблеми при комуникација без употреба на моќни слушни апарати
тешко	71–90 dB	употреба на слушни апаратчиња заедно со алтернативни методи за комуникација (читање од усни, знаковен јазик)
целосно	90 dB	употреба на алтернативни методи на комуникација (читање од усни, знаковен јазик)

При оваа метода, губиток од 0 dB се дефинира како нивото со кое нормалните млади индивидуи перцепираат наплив на тонови во 50% од времето.

Втор начин за квантификација е процентот на попреченост на слух [11, 12]. При употреба на овој метод, од чистиот тон на фреквенциите 500Hz, 1000Hz, 2000Hz и 3000Hz се одземаат по 25 dB. Резултатот се множи со 1.5 да се добие т.н. *ниво на специфичност по уво*. Со цел да се добие подобро мерење, се прават посебни и повеќекратни мерења на секое уво. Резултатот е изразен во проценти на попреченост, односно процент на преостанат слух (Табела 2.2):

Треба да се напомене дека оваа скала е наменета за возрасни лица, и истата не е

Табела 2.2: Табела за квантификација на процент на попреченост

%	просек на чист тон (dB)	% на преостанат слух
100%	91 dB	0%
80%	78 dB	20%
60%	65 dB	40%
30%	45 dB	70%

соодветна за деца, пред се поради уделот на оштетувањето на слух врз лингвистичкиот развој на индивидуите.

2.4 Асистивни технологии наменени за лица со целосно или делумно оштетен слух

Од претходно наведените категории на асистивни технологии, посебно внимание е посветено на употребата на асистивните уреди кои се наменети за аудитивни попречености како и уреди за аугментивна и алтернативна комуникација.

Во овој дел ќе се задржиме на асистивните уреди кои не се базираат на интеракцијата со компјутер, односно асистивните уреди кои немаат потреба од напреден софтвер (не сметајќи го firmware-от на уредите). Овие уреди може да се категоризираат на многу начини.

Здравствените работници користат мноштво на поими да ги опишат асистивните уреди. Пред се тука постои категоризација на уредите според намената:

Асистивни слушни уреди (Assistive listening devices - ALD) тоа се специјализирани уреди кои овозможуваат засилување на потребните звуци, посебно кога имаме останати звуци во позадина (шум). Најчесто овие уреди се делат на уреди кои се наменети за големи простории (училници, театри, аеродроми, итн.) како и уреди кои се наменети за персонална употреба или мали простории и локална комуникација. Секој од уредите може да се употребуваат со или без останати лични уреди (како слушни апаратчиња или кохлерови импланти).

Уредите се делат на неколку видови: уреди кои користат т.н. звучна јамка (hearing loop), системи базирани на фреквентна модулација (ФМ радио) и системи базирани на инфрацрвени зраци.

- Системите базирани на **звучна јамка** (аудиторна индукциска јамка) употребуваат електромагнетна енергија да се пренесе и засили звукот, директно до корисникот на асистивниот уред или до одредена локација. Уредите се составени од извор на звук, засилувач, жичана јамка која го обиколува просторот и приемник (најчесто на уво или како систем на слушалки

и приемник). Системите се дизајнирани да соодвествуваат со стандардот ИЕС 60118-4:2014 [13].

- Системите базирани на ФМ радио користат радио сигнали да се засилат звуците. Најчесто се користат во затворени и отворени локации од страна на лице озвучено со микрофон и преку фреквентна радио модулиран сигнал се пренесува до слушателите. За таа цел, слушателите треба да го подесат своето слушно помагало на соодветната фреквенција или канал. ФМ системите може да се користат и за персонална комуникација, меѓутоа како најголем проблем при овој начин на комуникација е тоа што не овозможува приватност и е можна интерференција од други уреди кои ја користат истата фреквенција. На слика 2.1 е прикажана универзалната ознака за звучна јамка.



Слика 2.1: Универзалниот знак за места кои користат звучна јамка

- Уредите со инфрацрвени зраци го користат инфрацрвениот спектрум да пренесат звуци. Преку употреба на специјален приемник се користи да се прими инфрацрвениот сигнал и да се декодира во соодветен звучен сигнал. За разлика од системите кои користат звучна јамка или ФМ радио, инфрацрвените зраци лесно се блокираат (пр. со ѕидови) и соодветно се погодни за околини во кои приватноста е од интерес. Недостатокот на овој начин на пренесување на информации е дека не може да се користи во околини каде има голем број на светлосни извори, силно осветлени простории и во природа.

Персонални уреди за засилување претставуваат уреди кои се специфично конфигурирани за индивидуата која има потреба од засилување на звучниата дразба. Ова се најчесто употребуваните уреди, пред се во форма на најразлични типови на слушни апаратчиња.

Уреди за надополнета и алтернативна комуникација (ААЦ) (Augmentative and alternative communication - ААС) претставуваат уреди кои им овозможуваат изразување на лица со пречки во комуникацијата. Најчесто уредите се базираат на користење на останатите сетила со цел да се изврши комуникацијата. Оваа група на уреди варира со технолошка комплексност и може да варираат од едноставни уреди како едноставна табла за цртање, се до комплексни уреди за синтетизирање на говор од текст.

Уреди за алармирање тоа се специјализирани уреди кои најчесто емитураат гласни звуци или светлосни сигнали. Целта на уредите е привлекување на внимание, со цел да се потенцира некоја ситуација која најчесто има ургентен карактер. Некои од уредите овозможуваат да се користат за специфична намена (пр. будилник, телефон, свонче, итн.) или пак може да бидат повеќенаменски.

Втор начин на категоризација на асистивните уреди е според нивниот тип и тука може да се поделат на:

Уреди за засилување (Amplification Devices) постојат мноштво на системи и уреди кои овозможуваат да се засилат аудио-податоците. Има голем број на варијации на уреди, почнувајќи од мали уреди како слушни помагала за „во уво“ до комплексни асистивни слушни системи (слика 2.2). Постојат уреди кои овозможуваат засилување на звукот од радио или телевизиски уреди или пак овозможуваат да се поврзат со слушалки и микрофон.



Слика 2.2: Различни типови на уреди за засилување (превземено од Wikipedia CC BY 2.0)

Специјализирани телефонски уреди доаѓаат во повеќе варијанти, пред се како засилувачи на звукот од телефонот, телетекст уреди, специјализирани комуникациски уреди за глуви и наглуви лица, текст телефони, итн.

Уреди за сигнализација претставуваат **уреди за алармирање** кои се обработени во категоризацијата според намената.

Печатени зборови претставува употребата на печатени зборови со цел да се пренесе пораката. Најчести примена е употребата на специјализирани преводи за телевизија, филмови или видео. Честа примена е и употребата на стенографски уреди кои овозможуваат специјализирано лице (стенограф) да внесе транскрипција на говорот со цел да се проектира визуелно.

Медицинска технологија постојат најразлични медицински уреди кои овозможуваат подобрување на слухот. Најдобар пример е кохлеровиот имплант, кој овозможува да се стимулира кохлеровиот нерв врз основа на звучните дразби кои се восприемаат со употреба на микрофон.

Видеофони претставуваат уреди кои овозможуваат видео комуникација пред се преку употреба на знаковен јазик. Најчесто се употребуваат меѓу две индивидуи кои говорат ист знаковен јазик или пак може да се користи интерпретер на знаковен јазик.

Глава 3

Комуникација и знаковни јазици

A deaf and dumb person who sees two men in conversation may nevertheless understand from the attitudes and gestures of the speakers, how well their discussion is getting along.

Leonardo da Vinci (1452 – 1519)

Терминот **комуникација**, иако не е строго дефиниран, може да се сублимира како „**пренос или размена на информации**“. Во Оксфордскиот речник, дополнително се специфицира дека преносот на информациите може да се одвива преку „говорење, пишување или преку употреба на останат медиум“. Дефиницијата не навлегува во деталите на начинот на кој се одвива преносот на информациите, туку дефинира останати „**медиуми**“. Слични дефиниции може да се најдат во останатите познати речници (пр. Merriam-Webster).

Доколку се земе важноста на комуникацијата во денешното информациско-базирано општество, се вложуваат огромни напори со цел да се премостат комуникациските пречки кои може да настанат. Денес постојат огромен број на алатки кои имаат специфична цел да се олесни, потпомогне или подобри комуникацијата. Причината е огромниот број на јазици кои се користат во секојдневната комуникација насекаде во светот. Јазиците за комуникација најчесто се делат во голем број на категории и типови, најчесто според генеолошката класификација, како и според типот на комуникацијата (вербална и невербална).

Како специфична форма на комуникација, која е од интерес при изучување на асистивните технологии на лицата со оштетен слух, се наметнува знаковниот јазик. Треба да се напомене дека согласно Табела 2.1, знаковните јазици се користат од мал

дел од популацијата, пред се од лицата кои имаат тешко или целосно оштетување на слухот и лицата кои се во контакт со нив (семејства, работни околии, итн.). Постојат голем број на заблуди кои се присутни во општествата во врска со знаковниот јазик. Најчестите се дека **знаковните јазичи не се јазичи во вистинската смисла на зборот**, дека постои **универзален јазик што се користи од лицата со оштетен слух**, дека **знаковните јазичи се директна репрезентација на стандардниот говорен јазик**, итн.

Наспроти присутните заблуди, речиси секоја држава има свој знаковен јазик. Авторите на Етнологија [14] водат посебна листа за фамилијата на знаковните јазичи кои се во употреба на светско ниво. Во листата на знаковни јазичи, преку 140 на број во моментот на изготвување на овој труд, не се спомнува Македонскиот знаковен јазик. Се разбира, тоа не значи дека Македонскиот знаковен јазик не постои, туку дека не е категоризиран, стандардизиран и доволно проучен, според стандардите што се користат.

3.1 Историја на знаковните јазичи

Знаковниот јазик претставува форма за комуникација што користи позиционирање на делови од телото, со цел да се пренесе одредена мисла или идеја, односно да се изврши експресија. Следствено, се користи алтернативен „медиум“ за комуникација, односно се употребува различен „модалитет“ преку кој се врши комуникација. Најпогодно е при овој вид на комуникација е да се користат горните екстремитети и да се креираат форми (знаци) и движења со помош на истите. Оттука овој метод на комуникација се нарекува **знаковен јазик** (анг. sign language, signing).

Знаковните јазичи се категоризираат како природни јазичи кои настануваат спонтано каде има заедница на комуникатори. Со тоа, ефективно ја исполнуваат функцијата на говорните јазичи и покажуваат исти карактеристики при учењето (аквизицијата) на истите.

И покрај тоа што знаковните јазичи, односно формите на комуникација кои користат знаци се присутни со развитокот на приматите, од посебен интерес при изучување на знаковните јазичи е времето на индустриската револуција. Вол и Лад [15] ја наведуваат важноста на индустријализацијата при развитокот на знаковните јазичи.

Со креирањето на големите градови-индустриски центри, значително се зголемила популацијата која била стационирана во одредена географска локација, што довело до менување на социјалните карактеристики во општеството. Како последица, се појавиле и поголеми заедници на лица со оштетен слух, што довело до развивање на заедниците, а со тоа и развивање и користење на еден знаковен јазик како основна форма на комуникација. Имајќи предвид дека основна одлика за просперитет и развивање на секој јазик и култура претставува бројот на активни учесници

во истата, индустријализацијата овозможила да се стационара „критичен број“ на лица со оштетен слух во рамките на една географска локација, што овозможило да се креираат заедници на лица со оштетен слух. Претходно, еден знаковен јазик бил користен од мал број на корисници во рамките на одредени населени места, и постоел значителен диспарат меѓу различни знаковни јазици кои се користеле во рамките на различни населени места.

Во тоа време се креирале и првите школи за знаковни јазици. Како еден од првите просветители на лицата со оштетен слух се смета Абе Шарл Мишел де Лепи (Abbé Charles Michel de l'Épée, 1712-1789), кој во доцните 1760-ти го основал училиштето за глуви во Париз, Франција. Тој во своето дело „*Етаблирање на глувите и немите: со помош на методички знаци*“ („*Institution des sourds et muets: par la voie des signes methodiques*“) [16], го образложил и опишал својот метод за едукација на глувите и немите лица преку употреба на методички знаци односно знаци кои го емулирале говорниот француски јазик и неговата граматика. Де Лепи ги поставил основите на употребата и развитокот на Францускиот знаковен јазик, а неговото дело е продолжено од повеќе индивидуи. Неговиот ученик Бебиан (Auguste Bébian, 1789–1839), кој преку своето дело „*Мимографија: есеј за мимичното пишување, за да се регулира јазикот на глувонемите*“ („*Mimographie: essai d'écriture mimique, propre à régulariser le langage des sourds-muets*“) [17] ги поставил основите на лингвистичката анализа на знаковните јазици како и основите на нов начин на запис на знаковните јазици.

Истовремено во Германија се развил пристап кон интеграција на глувите лица во општеството. Самуел Хајнеке (Samuel Heinicke, 1723–1790) се смета за основоположник на оралната едукација на глувите лица. За разлика од Франција и методите на де Лепи чиј примарен фокус бил едукација на глувите и немите лица, Хајнеке пробувал да се фокусира на говор и читање од усни, притоа занемарувајќи и обесхрабрувајќи ги знаците и гестикулациите [18]. Неговата наводна инспирација е делото „*Глувиот човек кој говори*“ („*Surdus loquens*“) [19] на швајцарскиот доктор Јохан Аман, во кое се користени методи на имитација на движењата на усните и ларингсот со цел да се симулираат истите.

Медотите на двајцата истражувачи се тема на многу дебати, и самите тие имале меѓусебни преписки кои биле тема на жестока академска дискусија [20]. Методот на де Лепи го добил името **мануализам**, додека методот на Хајнеке бил наречен **орализам**. Самите филозофии за едукација се рашириле низ Европа. Орализмот бил првенствено прифатен во тогашните германски држави и дел од Скандинавија, додека мануелизмот бил прифатен во Шпанија, Португалија, Италија, Австрија, Швајцарија, Франција и Русија. Во Велика Британија долго време биле застапени двете методи, иако постепено орализмот се здобил со поголемо влијание.

Во раниот XIX век, Томас Хопкинс Галаудет (Thomas Hopkins Gallaudet, 1787–1851), по својот престој во Париз и по проучување на методите кои биле користени за

учење на знаковниот јазик, го отворил првото училиште за глувите во Конектикат, САД. Заедно со французинот Лорент Клерк (Laurent Clerc), ја дизајнирале и воделе програмата за едукација на глувите лица, комбинирајќи го локалниот гестикуларен систем кој бил веќе развиен и делови од Францускиот знаковен јазик кој бил употребуван од Клерк. Тоа биле првите официјални почетоци на Американскиот знаковен јазик, кој претставува еден од најпроучуваните и најразвиените знаковни јазик на денешницата.

Како особено важен настан кој е од интерес во тој период е *„Вториот интернационален конгрес за едукација на глувите“*, кој се одржал во Милано во 1880 година. На тој настан биле донесени повеќе декларации и одлуки [21], кои на долг рок се покажале контроверзни. Мурес [22] ги сублимира резолуциите и одлуките на конгресот, на кој биле донесени повеќе одлуки кои ги фаворизирале методите за едукација и интеграција на орализмот како *„супериорни“* во однос на мануелизмот. Исто така се препорачувало користење на оралниот метод со цел за *„избегнување на симултана употреба на говор и знаци поради недостатоците кон говорот, читањето од усни и прецизноста на идеите. . .“*. Интересен факт е дека на конференцијата не присуствувале глуви лица.

Ефектите на конгресот биле директно видливи во подоцнежните години, пред се во Европа, кога се спречувани методите на едукација на лицата со оштетен слух преку мануелни методи. Сличен тренд бил поставен и во САД, каде што предност се давало на орализмот, на сметка на мануелизмот и знаковните јазици. Лингвистичарите и едукаторите во овој период не биле заинтересирани за проучување и употреба на знаковните јазици, и генерално ги сметале како груб систем на гестикулации кои не биле достоини да се наречат вистински јазик. Конкретно, познатиот американски лингвист Леонард Блумфилд [23] ги нарекол *„деривативни јазици“*. Ефектите на Миланскиот конгрес се значителни и денес се смета дека одлуките од истиот предизвикале бројни негативни последици. Дури во 2010, на *„Интернационалниот конгрес на глувите“* [24], одржан во Ванкувер, биле отфрлени сите резолуции од 1880 година и се искажало жалење за ефектите за последиците од Миланскиот конгрес и повикале на респектирање на сите форми и методи за комуникација и едукација.

Последиците од трендот поставен во Милано биле видливи долгорочно и овој тренд бил застапен се до почетокот на втората половина на XX век, кога интересот за знаковните јазици повторно се актуелизирал, првенствено од Вилијам Стоко (William C. Stokoe, 1919-2000). Стоко при крајот на 60-тите години на XX век почнал да се фокусира на лингвистичка анализа на Американскиот знаковен јазик. Иако во почетокот на својата истражувачка кариера се фокусирал на постарите верзии на англискиот јазик, по прифаќањето на работа во колеџот на Галаудет во 1955 година, почнал да го проучува знаковниот јазик кој се предавал во рамките на колеџот. Опкуржен со мноштво на глуви лица, Стоко почнал да го анализира знаковниот ја-

зик кој се користел, притоа правејќи паралели со неговото претходно истражување. Во неговото дело „*Структура на знаковниот јазик*“ (Sign Language Structure) [25], Стоко го образложил своето гледиште кон Американскиот знаковен јазик (АЗЈ). Во трудот, првенствено била презентирана анализа на структурата на индивидуалните знаци, односно фонологијата¹ на истите.

Втората голема придобивка од трудот е воведувањето на нотација за запис (основно систем за транскрипција) на Американскиот знаковен јазик. Користејќи ги гореспоменатите конституенти на знаковниот јазик, Стоко го предложил неговиот запис во кој се содржани истите.

Иако иницијално делото на Стоко имало негативна реакција од лингвистите, Стоко заедно со своите глуви колеги Кастерлајн и Кронеберг во 1965 година го објавил првиот речник на американскиот знаковен јазик [26]. Анализата на Стоко на американскиот знаковен јазик, пред се поради отсуството на граматичката анализа, не била сметана за соодветна или значајна во периодот на публикација. Сепак во раните 70 години на 20 век, биле основани и развиени повеќе институции кои се занимавале со проучување на знаковните јазици. Како поистакнати може да се наведат: Лабораторијата за јазични и когнитивни студии во Сан Диего и Лабораторијата за лингвистичко истражување која била водена од Стоко во Галаудет.

Како поистакнат труд од областа треба да се наведе и книгата „*Знаците на јазикот*“ (The signs of language) од Клима и Белуги [27], труд што придонесол кон афирмација на знаковниот јазик како вистински јазик. Во трудот се врши истражување на лингвистичките особини на Американскиот знаковен јазик, со посебен осврт кон различните аспекти морфологијата. Во трудот подетално се посветува внимание на:

- интерната структура на знаците
- потеклото и развојот на Американскиот знаковен јазик
- историските промени во јазикот
- природата на **инконочноста** на знаковниот јазик (анг. iconocity of sign language)
- граматичкиот процес
- кодирањето и процесирањето на знаците
- поезијата и хуморот во АЗЈ

¹Кога се дискутира за фонологија на знаковни јазици, треба да се напомене дека термините „*чериологија*“ (*cherology*) и „*черема*“ (*chereme*), кои се сковани и воведени од Стоко од античкиот грчки термин за рака (*χέρη*), се користеле порано како соодветни аналози на фонологија и фонема во знаковните јазици. Во денешно време, термините фонологија и фонема се општоприфатени во рамките на анализа на знаковни јазици.

Полето на проучување на АЗЈ, по работата на Клима и Белуги, се популаризирало, и понатаму се развивало со специјализирана конференција за американскиот знаковен јазик и со повеќе научни трудови. Прогресот во употребата и истражувањето на знаковните јазици се прелеал и во Канада каде се истражувал знаковниот јазик на Квебек покрај американскиот знаковен јазик.

За разлика од Северна Америка, развојот на знаковните јазици во Европа се развил со одредено доцнење. За тоа се претпоставува дека постојат повеќе причини, меѓу кои како највлијателни се сметаат:

- преферирањето и употребата на орализмот во однос на мануализмот
- статусот на лицата со оштетен слух и прифаќањето на знаковните јазици во Европа заостанувало во однос на Северна Америка

Првите научно афирмирани истражувања за знаковните јазици во Европа се развиле во раните 1970ти години, прво во Шведска, а потоа и во останатите делови од континентот. Како поважни истражувања може да се наведат истражувањата на Германскиот знаковен јазик, пред се од универзитетот во Хамбург, каде подоцна била развиена и фонетската нотација **HamNoSys** („Hamburg Notation System“), истражувањата спроведени за Британскиот знаковен јазик, Францускиот знаковен јазик и Италијанскиот знаковен јазик.

3.2 Аквизиција на знаковни јазици

Аквизицијата односно прифаќањето на знаковните јазици е тема на истражување што тековно се проучува во научните кругови. Притоа посебно внимание се посветува на аквизицијата на знаковните јазици од деца и бебиња, како и потенцијалното влијание врз развојот при учење и употреба на знаковен јазик.

Како што беше наведено во делот 3.1, знаковните јазици се развиваат и употребуваат во рамките на глувите заедници. По самата човекова природа, децата кои растат во рамките на тие заедници, иако не мора да имаат оштетување на слухот, го учат знаковниот јазик како прв јазик за комуникација. Според карактеристиките на знаковните јазици како стандардни природни јазици, кои се дискутираат во поглавјето 3.3, знаковните јазици имаат лексикон, синтакса, граматичка и деривативна морфологија, фонологија и семантика.

Спроведени се повеќе истражувања кои се поврзани со аквизиција на попознатите знаковни јазици од страна на бебињата и децата (АЗЈ, БЗЈ, ДЗЈ, ФЗЈ, ИЗЈ, ЈЗЈ, ХЗЈ и ЗЈК) и биле изведени интересни заклучоци. Имено, развојниот пат од восприемањето на првиот збор до крерирање на комбинации од реченични структури е

слично меѓу различните знаковни јазици и дека откривањето на единиците и правилата на граматиката претставуваат апстрактен процес кој не е директно зависен од сензорно-моторниот модалитет. Дополнително, знаковниот јазик кој се користи при комуникација со бебињата покажува карактеристики кои значително се разликуваат од стандардниот знаковен јазик. Знаковниот јазик наменет за бебињата е поспор, со поголеми задршки, опсегот на движења е подолг, говорот често се повторува повеќекратно, граматички се разликува со цел да се прилагодува на бебето [28], итн. Дополнително, бебињата кај кои прв јазик им е знаковниот се справуваат со дополнителен проблем со тоа што мора да научат да го „гледаат“ говорот [29], да ги декодираат емоциите на лицето, па дури и да „гугаат“ [30] употребувајќи ги своите прсти. Спроведени се и мноштво на останати истражувања кои се фокусирани на аквизиција на знаковните јазици, кои генерално покажуваат дека од лингвистичка гледна точка, временските рамки се исти како и кај развојот на стандардниот говор.

Историски гледано, примитивните форми на знаковен јазик, односно комуникацијата со помош на знаци, датира пред употребата на говорниот јазик. Постојат повеќе примери кои индиректно ја сугерираат употребата на знаци пред развојот на говорниот (аудитивен) јазик. Како примери може да се наведат:

Употребата на знаковен јазик од приматите - меѓу најпознатите примери за „природноста“ на знаковната комуникација е одвивањето на бидирекциона комуникација меѓу луѓе и примати. Најпознатиот таков експеримент се одвива во 60-тите години од XX век [31]. Во истиот експеримент, во период од 22 месеци, женка-шимпанзо успеала во својот вокабулар да додаде преку 30 знаци од Американскиот знаковен јазик. Притоа треба да се напомене дека тест-субјектот бил способен самостојно да иницира комуникација со лицата во околината. Дополнително, по стекнување на вокабулар од 10-тина знаци, тест-субјектот почнува да користи едноставни конструкции од повеќе знаци, најчесто користејќи ги личните заменки („јас“ и „ти“) во комбинација со останатите знаци.

Употребата на знаковен јазик кај бебиња - постојат одредени техники кои овозможуваат базична комуникација на бебињата и малите деца со нивните родители, преку употреба на знаковен јазик.

Во истражувањето спроведено од Универзитетот во Калифорнија во 1988 година, испитувани се повеќе мали деца на возраст од 11 до 24 месеци со цел да се утврди употребата и влијанието на „симболичка гестикулација“ [32]. Биле спроведени две студии од кои било заклучено дека децата своите гестови ги развиваат напоредно со вербалната комуникација. Истата група спровела подоцнежни истражувања и заклучила дека употребата на знаци при комуникација влијае за подобра вербална комуникација [33], и развивање на подобар вокабулар и градење на подолги реченици

[34]. Институтот Макс Планк од Германија, спровел истражување кое се фокусира на восприемањето на невербалната комуникација од деца на возраст меѓу 14 и 24 месеци [35]. Притоа било заклучено дека децата на тестираната возраст подеднакво добро изведуваат заклучоци при вербална и невербална комуникација, односно степенот на разбирање на комуникацијата не страда од промена на начинот на комуникација.

Постојат уште мноштво на студии кои пробуваат да најдат позитивна или негативна корелација меѓу вербалната и невербалната комуникација и во последно време постои тренд на комбинирана комуникација, односно употреба на знаци и стандарден говор при здобивање на комуникациски способности кај бебињата и децата.

Како што може да се заклучи од наведеното, употребата на знаци претставува еден од фундаменталните начини за комуникација и соодветно е присутна во необични средини и покажува особини на стандарден говорен јазик.

3.3 Знаковни јазици од лингвистичка гледна точка

Кога се дискутира областа на комуникација и јазици, првенствено се поставува прашањето на кој начин може да се дефинира комуникацијата, методите и јазиците кои се користат да се пренесе информацијата. Следствено се поставува прашањето што претставува комуникацијата, кои се начините на комуникација, што ја карактеризира комуникацијата и на кој начин може да се разликуваат различните начини на комуникација. Чарлс Хокет (1914-2000) се занимавал со проблемот да се дефинира и диференцира комуникацијата меѓу луѓето (јазик) и животните. Прво во 1960 година предложил листа на **13 дизајнерски карактеристики** [36] (анг. *design features*) кои треба да се земат предвид при споредување на комуникацијата помеѓу различните видови. Подоцна во 1968, заедно со Алтман [37] додал и останати 3 карактеристики со што севкупно се дефинирале севкупно 16 карактеристики:

Првите 5 карактеристики се типични при вокализација која е присутна кај дел од копнените животни:

употреба на вокален-аудиторен канал (Use of the vocal-auditory channel) -

подразбира употреба на вокални и аудиторни сигнали за комуникација. Оваа карактеристика е битна да се разликуваат методите (модалитетите) на комуникација на различните типови на видови. Така на пример, Хокет го разликува комуницирањето на пчелите (преку танцување) од комуникацијата на луѓето.

широка емисија и дирекционална рецепција (Broadcast transmission and directional reception) -

Хокет ја опишува карактеристиката со омнидирекционалноста на говорот (во контекст на звучни бранови), со што комуникацијата не е приватна иако слушателот има генерална идеја каде се наоѓа говорникот. Целта на оваа карактеристика е да се опише употребата на звук при ефективна

комуникација, дури и кога говорникот и слушателот не се во меѓусебното видно поле. Ова карактеристика е посебно важно за приматите кои ја користеле оваа карактеристика за координација на групата.

рапидно ослабување (Rapid fading - transitoriness) - ја специфицира временската особината на комуникацијата, односно немањето на перзистентност. Со оваа карактеристика, Хокет ја диференцира говорната комуникација од пишаната комуникација и репрезентациите на запис. Дополнително тука се прави дистинкција и за останатите методи за комуникација (танцување, мириси, изрази на лице, итн.) кои првенствено ја користат краткотрајната меморија и кои „ослабуваат“ со изминување на времето.

заменливост (interchangeability) - ја дефинира карактеристиката која нагласува дека говорниците можат истовремено да бидат и слушатели. Преку оваа карактеристика се креира основа за социјалниот аспект на комуникацијата

потполна повратна врска (total feedback) - означува дека говорникот истовремено е и слушател на сигналите кои ги емитува.

Потоа Хокет ги дефинира следните особини кои се наменети да се направи дистинкција при комуникацијата на приматите, иако дел од овие карактеристики се присутни и во останатиот животински свет:

специјализација - го дефинира карактеристиките на сигналите кои не вршат дополнителна физиолошка функција. Така на пример кашлањето (кога се прави од чисто физиолошки причини) претставува последица од одесување кое не е наменето да се изрази.

семантичност - според Хокет, „сигналот е значаен“, односно *постојат релативно фиксни асоцијации меѓу елементите на пораката (пр. зборови) и повторливи особини на светот околу нас.*

произволност - сигналот кој репрезентира поим што не наликува на поимот кој се опишува. Хокет ја опишува оваа карактеристика со примерите на зборовите маса (анг. table), кит (анг. whale), микроорганизам (анг. microorganism), кои не се поврзани со поимите кои ги репрезентираат. Според дефиницијата, зборот за маса воопшто не наликува на објектот кој го репрезентира, зборот кит не е поврзан за животното во ни една смисла, итн. За разлика од произволноста, како антоним се дефинира поимот „иконочност (iconicity)“, кој репрезентира говор кој наликува на поимот кој се репрезентира. Тука може да се вклучат малиот број на ономотопејски зборови кои се користат во говорот како „апчиха“, „лика“, „бонг“ итн. Иконочноста ќе биде предмет на понатамошна дискусија во трудот, поради тоа што зазема значајно место во знаковните јазици.

дискретност - сигналот може да се подели на помали, безначајни делови, кои може да се комбинираат со цел да се креираат останати сигнали. Тука Хокет како пример ги зема англиските термини за игла (анг. pin) и канта (анг. bin), кои се разликуваат само во една дискретна единица („p“ и „b“).

Преостанатите карактеристики според Хокет се специфични за хуманоидите и модерниот човек:

традиционална трансмисија - подразбира дека иако средството за комуникација може да биде последица од генетиката на единката, значајните детали од системот за комуникација не се инстинктивни, туку се учат од останатите единици од видот. Со тоа е воспоставена основа за креирање на граматички структури кои се специфични за дадена заедница.

дислокација - референтот на пораката не е поврзан со времето и просторот, односно може да се комуницира за претходни настани и искуства, идни планови како и настани кои не се однесуваат на далечни места.

продуктивност - подразбира комуникација која пренесува нови пораки кои претходно не биле изговорени или примени. Со ова се опишува својството на говорителите да креираат нови пораки, а не само да репродуцираат претходно изговорени пораки.

дуалност на шаблони - јазиците имаат барем две нивоа на структури. Првенствено постојат минимални значајни единици (односно *дискретност*) кои може да се комбинираат во поголеми значајни единици. Според оваа карактеристика, зборовите може да се комбинираат во фрази и реченици.

преварикација - говорниците може да говорат лаги или намерно да дезинформираат со цел да постигнат заблуда кај слушателот.

рефлексивност - говорниците може да го користат јазикот со цел да зборат за јазикот. Со оваа карактеристика се воведува дополнителна комплексност во значењето, покрај основата функција.

учивост - можно е една индивидуа да научи повеќе јазици и не е ограничена од биолошките карактеристики.

Според претходниве карактеристики, кои се прифатени во лингвистичката сфера, може да се спореди знаковниот јазик со стандардниот говорен јазик. Во следната табела се сублимирани различните типови на комуникација според карактеристиките дефинирани од Хокет.

Табела 3.1: Споредба на карактеристиките на говорниот јазик, знаковниот јазик и форми на знаковен јазик кај примати според Хокет.

карактеристики на јазиците (според Хокет)	говорен јазик	знаковен јазик	знаковен јазик кај мајмуни
употреба на вокално аудиторен канал	да	не	Не
широка емисија и дирекционална рецепција	да	да	да
рапидно ослабување	да	да	да
заменливост	да	да	да
потполна повратна врска	да	не	не
специјализација	да	да	да
семантичност	да	да	да
произволност	да	најчесто да	најчесто да
дискретност	да	да	да
традиционална трансмисија	да	да	ограничена
дислокација	да (често)	да (често)	да
продуктивност	да	да	дискутабилно
дуалност на шаблони	да	да	да
преварикација	да	да	да
рефлексивност	да	да	не
учивост	да	да	да

Како што може да се забележи, најголемата разлика меѓу говорните јазици и знаковните јазици кај човекот е отсуството на вокално-аудиторниот канал и отсутноста на потполна повратна врска. Во табелата 3.1 додатно за споредба се додадени и карактеристиките на употребата на знаци кај мајмуните. Хокет во неговиот труд [37] анализира повеќе комуникации присутни во животинскиот свет и ги категоризира според неговите карактеристики.

Карактеристиката на потполна повратна врска кај знаковните јазици се разликува во однос на говорниот јазик првенствено во дометот и евентуалната опструкцијата на сигналите од говорителот. Знаковните јазици го користат визуелното поле кое полесно може да се опструира во однос на говорниот јазик и аудиторните сигнали.

Отсуството на вокално-аудиторниот канал се подразбира од природата на состојбата која ја имаат говорителите на знаковниот јазик, а со тоа и присуството на визуелно-гестикларниот канал, односно различниот модалитет кој се користи за пренос на говорот.

Во однос на останатите карактеристики, знаковните јазици се речиси исти како и говорните јазици, што придонело кон нивната афирмација, во моментот кога се појавиле првите посериозни лингвистички истражувања за истите.

3.4 Нотации за запис на знаковни јазици

Во делот: 3.1, е разработена историјата на знаковните јазици, како и интернационалните движења кои се битни во развитокот на знаковните јазици. Притоа се појавила потреба од нотации за запис на знаковниот јазик односно да се креира форма која достоино ќе го пренесе значењето на говорот. Со таа цел се развиени **системи за нотација на знаковен јазик**, кои се пред се користени за истражувачки и едукативни цели [38, 39], меѓутоа со развитокот на компјутерски базирани асистивни технологии за глуви лица, нотацијата на знаковните јазици се користи и во компјутерскиот запис и обработка на знаковните јазици. И покрај тоа, Хуенерфаут [40] ги потенцира недостатоците при употреба на симболички нотации, специфично во Американскиот знаковен јазик, меѓутоа неговите заклучоци може да се применат и за останатите знаковни јазици.

3.4.1 Речник нотација (GLOSS)

Како основна нотација која може да се напомене е т.н. **речник нотација** (анг. *Gloss*), односно еквивалентирање на знаковниот говор со зборови од речникот (анг. *Glossing*). Под еквивалентирање не се подразбира превод, туку се подразбира директен превод (транскрипција) на „стран непознат збор“ во природниот јазик на говорникот. Така на пример, англиската реченица:

Тој вози кола (*He drives a car*)

може да се запише во речник нотацијата на АЗЈ на два начини:

ТОЈ ВОЗИ КОЛА (*HE DRIVES CAR*)

или

КОЛА ТОЈ ВОЗИ (*CAR HE DRIVES*)

во зависност од тоа како ќе биде изговорена, односно редоследот на знаците кои се изговорени од лицето.

Се разбира, тука се појавуваат проблеми во оваа нотација. Поради недоразбирањата во врска со знаковните јазици и нивниот статус, оваа нотација неретко, и најчесто погрешно, се употребува за нотација на знаковните јазици. Во стилот на стандардните речници, секој поим („знак“) се запишува во соодветниот збор, притоа се еквивалентира мултимодалноста на знаковните јазици во (релативно) едноставниот еквивалент во речникот.

Оваа техника е прилично развиена во некои јазици, со тоа што се воведени дополнителни правила при употреба. Дел од тие правила се стандардизирани за даден

знаковен јазик (пр. АЗЈ има правила кои се употребуваат при употреба на речник нотација), додека дел имаат цел да се генерализира за повеќе знаковни јазици [41]. Аронс [42] подетално се занимава со проблемите на речник нотацијата, пред се во употребата на машински нотации, притоа предложувајќи да се прошири со цел подетално да се долови самиот процес на говор, односно да се изврши подетален превод.

3.4.2 Стоко нотација

Првата нотација која пробува да ја опише природата на знаковните јазици е нотацијата на Стоко. Нотацијата, првпат употребена во неговите трудови, овозможува нецелосна репрезентација *hirologia*

- табула, односно позиција на знак (скратено: *tab*, англ: *TAB*).
- десигнатор, конфигурација на рака (скратено: *des*, англ: *DES*).
- сигнација, движење, акција или промена во конфигурација (скратено: *sig*, англ: *SIG*).

Секој од конституентите се пишува на точно определена позиција за секој знак и ги разработил во запишана нотација која се запишува одлево-надесно². Така на пример, НЕ ЗНАМ во АЗЈ се нотира како на слика 3.1.



Слика 3.1: Стоко нотација на „НЕ ЗНАМ“ во американскиот знаковен јазик.

Табула конституентот се однесува на позицијата на рацете во однос на телото на човекот, односно говорникот. Стоко дефинираше 12 табула позиции (прикажани на слика 3.2).

²Симболите дефинирани од Стоко кои се користат за табула, десигнатор и сигнација, се достапни како посебен фонт. За да се олесни нивниот запис, се користат Unicode и ASCII апроксимации. Во овој труд, симболите на Стоко ќе бидат прикажани во ASCII формата, дефинирана од Мандел [43], освен ако нема експлицитна потреба од приказ во друга форма. Симболите според Стоко се дигитално репрезентирани во посебен фонт пакет, наречен *Стоко Темпо*, достапен на <http://www.panix.com/~grvsmth/stokoe/>.

Unicode апроксимација	ASCII апроксимација	Стоко нотација	опис
∅	0	0	неутралана локација
□	Q	○	лице или цело тело
п	P	^	чело, веѓа или горен дел од лицето
ц	T	ц	лице, нос или средина на лице
у	U	∨	усни, брада или долен дел на лицето
з	}	з	образ, слепоочница, уво или страничен дел од лицето
п	N	т	врат
[]	[]	[]□	торзо, рамена и гради
г	7	∨	горен дел од недоминантна рака
✓	J	✓	долен дел од недоминантна рака
а	9	а	лице на дланка
р	6	р	опачина на дланка

Слика 3.2: Табула позициите дефинирани од Стоко

Десигнација се однесува на симболот се креира со рацете. Десигнацијата може да се прави еднорачно или дворачно, во зависност од говорот кој се употребува. Листа на десигнации дефинирани од Стоко, 19 на број, е дадена во табелата на слика 3.3. Исто така, десигнаторите се користат и како табула симболи.




















Покрај претходно наведеното, подоцна биле воведени и информации за ориентација на раката во десигнатор симболите, која доаѓа во комбинација во сигнацијата. Покрај тоа Стоко дефинирал и останати карактеристики кои може да ја менуваат позицијата на десигнаторот или варијација на приказ на дадениот знак.

Сигнацијата претставува движењето на раката, и се нотира во форма на горен десен индекс по симболот за десигнаторот. Може да постојат повеќе последователни движења кои се нотираат како последователни индекси, или доколку се прават симултано, тогаш се пишуваат како посебна нотација по десигнаторот.

Првичните 55 симболи подоцна се покажало дека се недоволни да се репрезентираат сите побарувања на АЗЈ, и соодветно со тек на време, истражвачите модификувале и додавале симболи по потреба. Според тоа, кога се говори за Стоко нотација, треба да се земе предвид дека тоа денес претставува цела фамилија на нотациски системи кои се разликуваат во одредени карактеристики.

Според тоа, нотацијата на Стоко за поимот НЕ ЗНАМ во АЗЈ, прикажана на слика 3.1, означува:

1. табулата го дефинира челото/горниот дел од лицето
2. десигнацијата означува рамна рака со споени прсти, ориентирана спрема говорникот
3. сигнацијата означува контакт (допирање), вртење на зглобот надолу и движење

Десигнатор (ASCII)	Изглед на дланка	Опис и слична буква во АЗЈ
A		тупаница ('a', 's' или 't' во АЗЈ)
B		рамна рака ('b' или '4' во АЗЈ)
5		Раширени прсти ('5' во АЗЈ)
C		Згрчена рака во форма на С ('c' во АЗЈ)
E		Форма на канџа ('e' во АЗЈ)
F		ОК форма ('f' во АЗЈ)
G		рака што покажува ('g' 'd' или '1' во АЗЈ)
H		Исправени показалец и среден прст заедно ('h', 'n' или 'u' во АЗЈ)
I		исправен мал прст ('i' во АЗЈ)
K		Палецот го допира средниот прст при V форма ('k' или 'p' во АЗЈ)
L		Палецот и показалецот се под прав агол ('l' во АЗЈ)
3		Испружени и раширени палец, показалец и среден прст ('3' во АЗЈ)
O		Згрчена рака, прстите ја допираат дланката ('o' во АЗЈ)
R		Прекрстени палец и показалец ('r' во АЗЈ)
V		Раширени палеци и среден прст ('v' или '2' во АЗЈ)
W		Палецот го допира малиот прст ('w' во АЗЈ)
X		кука ('x' во АЗЈ)
Y		Испружени палец и мал прст ('y' во АЗЈ)
8		Раширена рака, свиткан средн прст ('8' во АЗЈ)

Слика 3.3: Десигнатор симболите дефинирани според Стоко

кое се оддалечува од говорителот.

Иако Стоко е првиот кој успеал да направи нотација која во предвид ги зема комплексностите на знаковните јазици, сепак се покажало дека неговата нотација не овозможува целосно да се репрезентира АЗЈ во неговата целокупна речитост. Имено, нотацијата не ги зема предвид сигналите кои имаат немануелна природа, изразите на лице, очи, веѓи, уста и тело. Нотацијата не е едноставна за читање и има несоодветна репрезентација на заменки. Нотацијата сепак претставува голем успех и овозможила да се развие полето на анализа на знаковните јазици. Нотацијата е адаптирана и прифатена во останати знаковни јазици (пр. Британски знаковен јазик [44]).

3.4.3 Хамбургшки нотациски систем

Инспирирани од работата на Стоко, и со понатамошниот развој на истражувањето на знаковните јазици, се појавиле и други нотации за запис. Во 1984 година, истражувачите од универзитетот во Хамбург почнале да го развиваат т.н. Хамбургшки нотациски систем (Hamburg Notation System - HamNoSys), а во 1987 го презентираат на научната јавност [45]. Оттогаш системот подложи на повеќе ревизии, моментално во употреба е четвртата верзија. Идејата на системот е да се овозможи фонетска транскрипција, независно од знаковниот јазик кој се користи. Системот бил првенствено развиен за академски потреби и најчесто не се користи во секојдневниот живот.

Структурата на системот е да се опише знакот преку опис на почетната поза заедно со акциите кои ја менуваат позата, во секвенца или симултано. Нотацијата во предвид зема:

- **обликот на рацете** - претставено преку симболи за основните форми и диакритики за позициите
- **ориентацијата на раката** - претставена преку две компоненти: насока на показалецот и ориентација на дланката.
- **локацијата** - исто така, претставена преку две компоненти: позиција во фронталната рамнина и растојание од говорникот
- **акцијата** - претставена како комбинација од патеки на движењата, немануелни движења и движења во место.
- **дворачните знаци** - каде се нотираат разликите меѓу доминантната и недоминантната рака
- **немануелните компоненти** - кои претставуваат нецелосна репрезентација на почестите форми на движење на делови од телото (рамена, глава), изрази на лице, облик на уста, итн.

Може да се забележи дека самиот систем на нотација опишува и содржи повеќе компоненти кои се типични за говорот, со цел да се овозможи колку што е можно поблиска репрезентација на знаковниот јазик. Сепак самиот систем е прилично екстензивен и моментално се состои од приближно 200 симболи. Симболите се иконични и лесно препознатливи, со фиксен распоред за секој од елементите кои го градат знакот (слично на Стоко нотацијата). Иако системот е прилично прецизен, не е еднозначен³ и користи голем број на симболи да се репрезентира еден знак, што го прави релативно комплексен за читање.

Како посебна варијација на нотацијата може да се наведе SiGML [46], XML (eXtended Markup Language) базирана нотација, која е специјално наменета за електронска репрезентација.

3.4.4 SignWriting Нотација

Како трета нотација која е од позначаен интерес може да се наведе SignWriting нотацијата. Нотацијата е развиена од Валери Сатон (Valerie Sutton) во 1974 година. Сатон, по професија предавач на танци, која претходно развила систем за нотација на потези при танцување [47] и на барање на колегите, истражувачи во Универзитетот во Копенхаген, развила нотациски систем за знаковни јазици [48, 49].

SignWriting во голема мера се разликува од HamNoSys и нотацијата на Стоко, а тоа се припишува на различниот пристап кој го има Сатон во однос на креаторите на претходните системи. Стоко првпат дошол во контакт со знаковните јазици кога се вработил на Галаудет универзитетот, и му пристапил на проблемот од лингвистичка природа. HamNoSys, кој како основа ја користи нотацијата на Стоко, исто така, му пристапува на проблемот од лингвистичка точка. Сатон пристапува на проблемот од сосема поинаков, нелингвистички аспект, односно од нејзиното гледиште како танцувач и креатор на DanceWriting. Иако на почетокот SignWriting нотацијата била игнорирана од Глувата заедница, сепак Сатон активно ја промовира својата нотација, што придонело активно да се користи во многу земји и да има мноштво на печатени материјали.

SignWriting се карактеризира по тоа што користи различни иконични симболи за карактеристиките кои се значајни за знаковните јазици. Како позначајни карактеристики може да се издвојат:

- се пишува одгоре-надолу, во вертикални колони, при што може да се чита и запишува од гледна точка на говорителот (почеста форма) или од гледна точка на слушателот.
- се состои од преку 600 симболи

³Под поимот еднозначност се подразбира дека еден знак може да се нотира на повеќе начини кои се подеднакво валидни.

- претставува пиктографски запис кој не побарува фонемичка анализа
- лесен е за учење
- може да индицира изрази на лице, движења на телото и останати карактеристики.
- постојат специјални софтвери кои овозможуваат да се врши запис во електронска форма, и има свое официјално писмо [50].
- се користи во преку 50 држави [51].

Покрај наведените нотации, како помалкузначајни, но сепак важни, може да се наведат:

SignFont развиен во 1987 од лингвистот Дон Њукирк. Се пишува одлево-надесно во следниот редослед: облик на рака, контакт регион, облик на недоминантна рака, контакт регион на недоминантна рака, локација, локација на недоминантна рака, движења. Постојат и останати симболи кои може да ги доспецифицираат симблите [52].

ASLphabet развиен како симплифициран систем за пишување на АЗЈ. Базиран на SignFont и развиван како едноставен речник наменет за едукација на деца.

SignScript развиен од глувиот едукатор Доналд Грушкин, како едноставен систем за запис на АЗЈ. Се состои од 12 локации, 46 облици на раце, 29 симболи за немауелни информации, 39 симболи за движење и 5 ориентации на дланка [53].

si5s метод за запис на АЗЈ од глувиот лингвист Роберт Аугустус. Наменет е да се пишува на хартија, користи слободни линии за приказ на движења и вклучува можности за запис на немауелни симболи [54].

SLIPA креиран од лингвистот Давид Петерсон како компјутерски наменет запис за измислени знаковни јазици [55]. Користи знаци од Unicode и по потреба може да се запишува во ASCII нотација. Направен во согласност со Интернационалната фонетичка азбука.

3.5 Лицата со оштетен слух во Македонија и Македонски знаковен јазик

Македонскиот знаковен јазик (МЗЈ) претставува форма на комуникација која официјално се користи во Република Македонија од глумата популација. Притоа во 2009

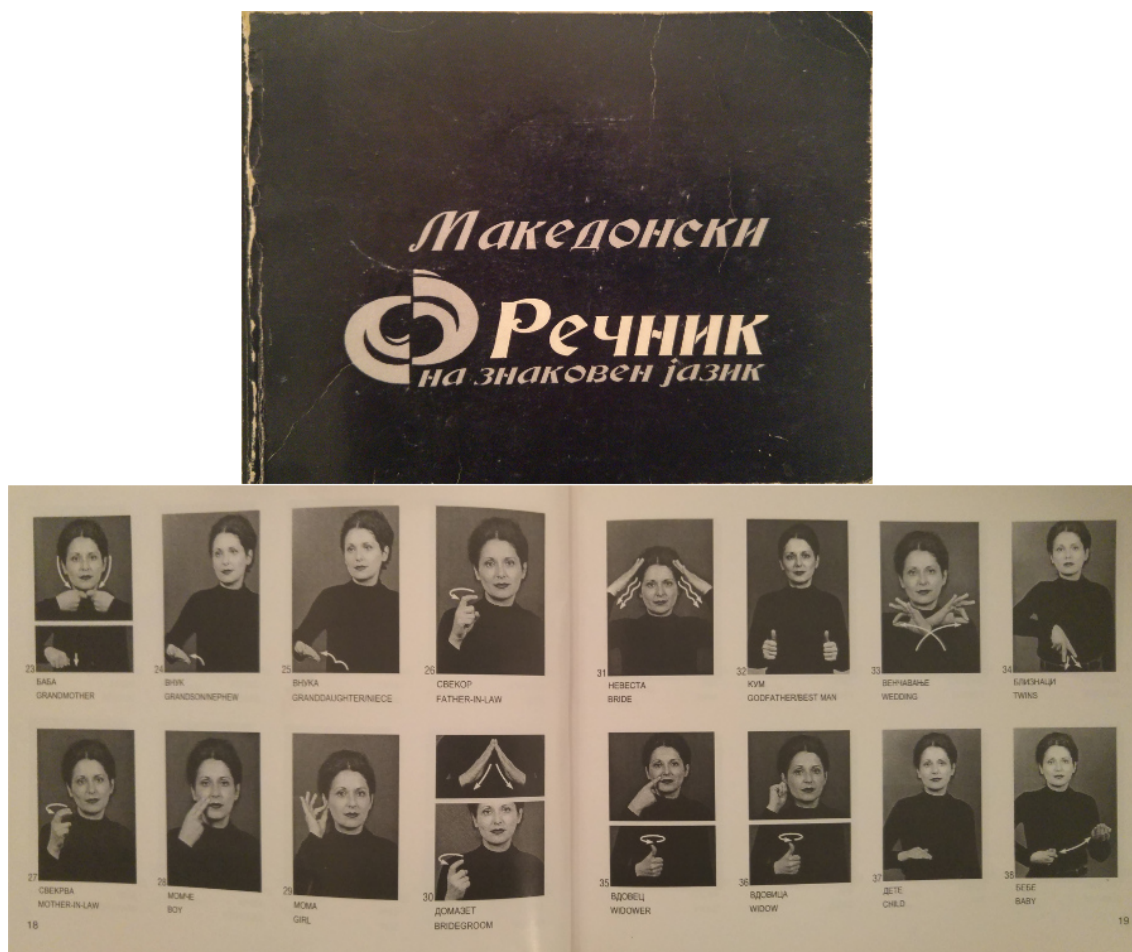
донесен е закон со кој МЗЈ е признат како официјален јазик кој се користи за комуникација [56]. Во законот се специфицираат правата на лицата кои го говорат знаковниот јазик. Бројот на говорниците не е точно дефиниран иако се смета дека го говорат преку 5000 говорници на подрачјето на цела Македонија.

Официјална организација на територијата е „Националниот сојуз на глуви и наглуви на Македонија“ (НСГНМ), која е официјално основана по 1948 година. Покрај официјалната организација, постојат и 19 општински и меѓуопштински здруженија кои ги опфаќаат поголемите градови во републиката. Единствено специјализирано училиште за основно образование на деца со оштетен слух е *Заводот за рехабилитација на деца со оштетен слух, говор и глас и други развојни проблеми „Кочо Рацин“ - Битола*. Покрај специјализираното основно училиште во Битола, постои и специјализирана паралелка во *Основното училиште „Кузман Јосифовски - Питу“ - Скопје*. Покрај тоа, постои само едно специјализирано средно училиште за лицата со оштетен слух - ДУЦОР „Партенија Зографски Скопје

Националниот сојуз врши обуки за лица со оштетен слух и истовремено сертифицира официјални толкувачи за превод од Македонски говорен јазик во Македонски знаковен јазик (и обратно). Официјално, според НСГНМ, има 12 толкувачи на знаковен јазик во рамките на територијата на Р. Македонија, број што е премал за потребите кои ги имаат лицата кои говорат знаковен јазик. Според законот за употреба на знаковниот јазик, официјалните институции се должни да овозможат комуникација на знаковен јазик на лицата кои го говорат, а покрај тоа, говорителите на знаковен јазик имаат право на користење на услуги од сертифициран толкувач при задоволување на приватни потреби до 30 часа годишно. Од наведеното, се подразбира дека состојбата на лицата со целосно оштетен слух, односно говорителите на Македонскиот знаковен јазик е на незавидно ниво, што придонесува до потешкотии при нивната интеграција во рамките на секојдневниот живот.

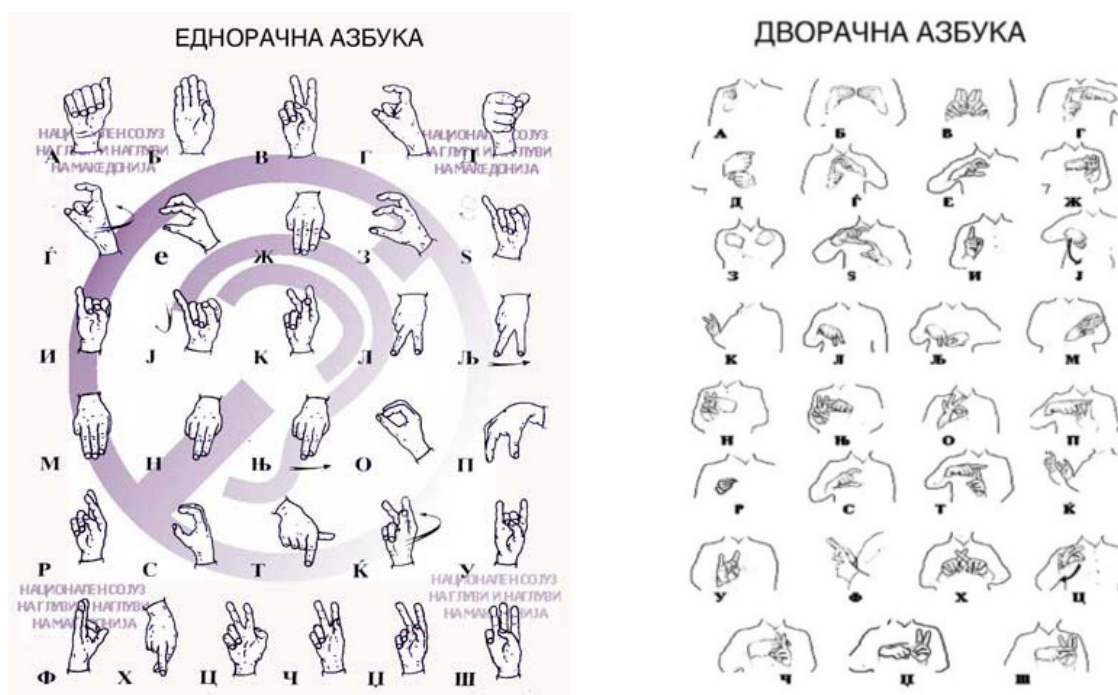
Од друга страна, Македонскиот знаковен јазик, доколку се споредува со другите поразвиени знаковни јазици, не е доволно истражен, проучен и најважно од се, не е стандардизиран. Државната телевизија, Македонска Телевизија, е единствениот медиум кој емитува содржина наменета за говорителите на македонскиот знаковниот јазик, преку специјализирана емисија „Светот на тишината“ и толкување на мал број на централно-информативните програми, на националната телевизија „Македонска Радио Телевизија“ и од неодамна на Телевизија 24.

Иако МЗЈ не е во активна употреба во наведените образовни институции, достапни се ограничени ресурси за истиот. НСГНМ во 2000 година го објавува „Македонскиот речник на знаковен јазик“ (слика 3.4), во кој се излистани 1443 поими, поделени во 21 категорија и дополнителни 2 категории за броеви и еднорачната азбука на МЗЈ. Во речникот се излистани и 15 симболи кои означуваат тип на движење, допир, редослед или насока.



Слика 3.4: Македонскиот речник на знаковен јазик и приказ на поими во речникот

Покрај тоа, на веб сајтот на НСГНМ се достапни и картички за еднорачната и дворачната знаковна азбука, како и мал број на поими претставени во иконографска форма (слика 3.5).



Слика 3.5: Картички за еднорачна и дворачна азбука на МЗЈ (превземено од сајтот на НСГНМ)

Треба да се напомене дека во последната декада се појавува интерес за проучување и апликативна работа на Македонскиот знаковен јазик. Во 2015 година, на Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип, од страна на кандидатот Марина Вељановска, е успешно одбранета магистерска теза на тема „3Д мобилна и веб апликација - речник на знаковен јазик на македонски јазик“ [57]. Тезата презентира апликација која користи виртуелен карактер со цел да се овозможи учење на Македонскиот знаковен јазик. Притоа се користи Unity платформата за развој на игри, со цел да се движи и анимира виртуелниот карактер, и соодветно да се испорача како апликација.

Во меѓународните истражувања, Македонскиот знаковен јазик речиси и да не постои. Бикфорд во 2005 [58] публикува опсежна студија за знаковните јазици во источна Европа. Во истата, нема информации за Македонскиот знаковен јазик, иако иститот се наведува во делот за поранешните југословенски републики како неистражен. На истото говорно подрачје, пред 1990 година бил користен Југословенскиот знаковен јазик, кој при крајот на 19 век се развил од Австрискиот знаковен јазик [59]. По распаѓањето на Југославија, според стандардот ISO-639-3, интернационално се диференцира само Хрватскиот знаковен јазик, додека Српскиот и Словенскиот знаковен јазик се дефинираат како дијалекти на Југословенскиот знаковен јазик. Сепак, мора да се наведе дека во ниту еден од стандардите не постои Македонскиот знаковен

јазик ниту се прави релација со Југословенскиот знаковен јазик.

3.6 Дискусија

Во рамките на оваа глава е направен краток преглед на комуникацијата со посебен осврт на статусот на јазиците како запознавање со историјатот и попознатите знаковни јазици.

Притоа посебно внимание е посветено на нотацијата на знаковните јазици, пред се поради тоа што записот на знаковните јазици е од клучен интерес за асистивните технологии, да се опише големината на проблемот со кој се соочува записот на знаковните јазици, како и комплексноста на целиот систем. Поуките од оваа глава се искористени во рамките на трудот.

Глава 4

Компјутерски поддржани платформи за знаковни јазици

*Blindness separates us from
things but deafness separates us
from people.*

*Helen Keler (1880 – 1968),
the first deaf-blind person to earn
bachelor of arts degree, author*

Со развитокот на информатичката технологија и соодветно со развитокот на асистивните технологии, се појавиле повеќе научни полиња кои овозможиле да се креираат компјутерски системи кои се првенствено наменети за работа и употреба на знаковните јазици. При интеракцијата човек-компјутер (Human Computer Interaction - HCI), посебно внимание се посветува на различните методи за одвидување на истата. Во рамките на овој труд, методите за интеракција ќе бидат наречени **модалитети**.

Генерално, модалитетите може да ги категоризираме во 2 типа::

влезен модалитет претставува пренос на податоци во кој се одвива кон компјутерскиот систем. Притоа треба да се напомене дека постојат различни начини на кои може да се внесат податоците во рамките на системот.

излезен модалитет претставува пренос на информации од компјутерскиот систем кон неговите клиенти или корисници.

4.1 Влезни модалитети

Доколку се навратиме на основните намени на компјутерските системи е да се овозможи брза обработка на податоци преку употреба на строго дефинирани чекори (ал-

горитми). Обработката на податоците може да подразбира и екстракција на корисни информации од истите и нивно индексирање и зачувување. Постои цело поле кое се занимава со екстракција, трансформација и вчитување (Extract, Transformation and Load - ETL) на податоците во рамките на даден систем, со намена за понатамошно користење.

Знаковните јазици се карактеристични по тоа што постои значително поголема експресивност во однос на говорниот јазик. Тоа подразбира дека податоците кои треба да се приберат и обработат да се добие соодветното значење се прилично комплексни, и не мора да се во секвенцијален редослед. Покрај истражувањата на Стоко, од посебен интерес на фонолошкиот аспект на знаковните јазици може да се наведат истражувањата на Лидел и Џонсон [60] кои го анализирале американскиот знаковен јазик и заклучиле дека може да се прикаже како спој на повеќе движења и стоп позиции, односно позиции каде има промена и позиции каде се задржува дадена состојба. Овој труд е од клучно значење и ја надополнува работата на Стоко, кој го моделира системот преку употреба на повеќе канали кои работат истовремено. Идеалниот систем за работа со знаковни јазици во себе треба да ги опфати пристапите на Стоко и на Лидел и Џонсон.

Во основа, најистражени системи се системите кои се фокусираат на прибирање на податоци од гестови. Таквите системи се појдовна точка за секоја анализа и аквизиција поврзана со податоците за знаковните јазици. Оттука, од примарно значење за влезните модалитети во знаковните јазици претставуваат уредите што се користат да се приберат податоците. Квалитетот и типот на податоците зависи директно од хардверот кој се користи и соодветно може да ги поделиме во неколку категории:

- системи базирани на податочни ракавици
- системи базирани на камера (со или без употреба на длабочински сензор)
- системи базирани на повеќе камери (т.н. стерео пристап)

Како најстар и најупотребуван систем за аквизиција на податоци може да се наведат т.н. *податочни (сајбер, жичани) ракавици*, кои најчесто биле комбинирани со употреба на акцелерометри (слика: 4.1). Основните податоци кои се добиваат од ваквите системи се во форма на позиција (во форма на тројка од x , y и z координати), ориентација и брзина [61]. Техниките за прибирање на податоци за знаковните јазици и употреба на техники за машинско учење се применуваат веќе подолго време. Податоците од овие системи се во директна корелација со карактеристиките на проблемот што треба да се истражи, па неретко се работи директно врз излезните податоци [62]. Проблемот на употреба на ракавиците е тоа што го ограничуваат степенот на движење на корисникот, што се покажало дека директно влијае врз движењето на говорникот. Податочните ракавици се покажале успешни при прибирање

на податоци за знаковните јазици [63, 64]. Постојат повеќе типови на ракавици кои се комерцијално достапни за употреба, но со тек на време, поради недостатоците и останатите алтернативи, нивната употреба се повеќе е ограничена.



Слика 4.1: Податочна ракавица од компанијата AccelGlove (превземено од Wikimedia CC by 4.0)

Како алтернатива на податочните ракавици се наметнуваат системите кои се базирани на камери, односно влез базиран на визуелни податоци. Овие податоци се комбинираат со употреба на техники за компјутерска визија. Се користат повеќе типови на камери или комбинација од повеќе типови на камери. Најчесто кога се користат камерите треба да се земе предвид типот на осветлувањето, предметите и облеката кои ги носи говорникот, местоположбата и околината итн. Како наједноставно решение може да се напомене употребата на стандардни (RGB) камери кои се способни за снимање на видео записи. Видео базираните податоци се основа на креирање на мултимедијалните речници, техника која е од особено значење во излезните модалитети на системот. Системите базирани на стандардна камера во себе го имаат проблемот на добивање на податоци кои се специфично врзани за дводимензионален координатен систем. Тоа значи, да се добијат податоци поврзани со движењата на рацете, потребно е системот да знае да ги сегментира, репрезентира и соодветно препознае движењата. Секоја од наведените постапки е огромно поле на истражување, и соодветно постои голема можност резултатите да не ги задоволуваат потребите за точност.

Покрај стандардните камери, со технолошкиот развој се развиени и други методи за прибирање на податоци. Како основна техника која се користи е употреба на *длабочинскиот (z) канал* за прибирање и дополнување на податоци. Длабочинската информација е особено погодна за препознавање на гестови а со тоа, соодветно и во

аквизиција на знаковните јазици. Идејата е дека може да се мапира дополнителна координата при што би се користел различен спектар на техники за добивање на дополнителната димензија. Како најупотребувани техники треба да се наведат техниката на *структурирани светлосни шеми* (анг. *structured light pattern*) и техниката на *време на лет* (анг. *time of flight - TOF*).

структурирани светлосни шеми (SLP) претставува техника која овозможува да се определи длабочината преку употреба на множество од предефинирани шеми кои се проектираат со помош на ласери или останати извори на светлина. Најчесто ваквите системи се базираат на употреба на два различни типа на камери, каде едната камера го снима видливиот спектар (*RGB* камера) и една камера што го снима инфрацрвениот спектар (*IR* камера). Светлосните шеми најчесто се проектираат и детектираат преку употреба на инфрацрвениот спектар, иако постојат примери на употреба на видливиот спектар. Преку софтверска обработка на податоците од двете камери, и отстапувањето на шемите при нивната проекција, се овозможува да се добие податокот за длабочина заедно со податоците од видливиот спектар.

време на лет (TOF) е понова техника од структурираните светлосни шеми и се сведува на техники за препознавање на светлост и далечина, попознати како **ЛИДАР** (анг. *light detection and ranging - LIDAR*). Постапката се состои од емитување на светлосен пулс во дадена насока. Притоа доколку пулсот осветли дадено тело, тоа се перцепира преку соодветен детектор. ЛИДАР го мери времето од емитување на пулсот до неговиот прием, и врз основа на тоа го определува растојанието. ЛИДАР системите се во можност да ја восприемат целосната сцена (т.е. не се фокусираат врз дадена точка), меѓутоа побаруваат поголема процесирачка моќ.

За разлика од претходните системи кои користат една камера (иако таа може да биде составена од повеќе различни типови на камери), **стереоскопскиот пристап** (во неговата суштина) се заснова на тоа дека истовремено се користат две камери кои се поставени на фиксно растојание и се насочени кон сцената од интерес. Целта е да се симулира човековиот орган за вид, при што се креираат две (поместени) репрезентации на сцената, кои соодветно ќе се процесираат на сличен начин како што човековиот мозок ги процесира информациите од очите да креира 3Д репрезентација.

Секој од овие методи си има свои предности и недостатоци како и соодветни примени во различни индустрии [65]. Структурираните светлосни шеми се покажуваат како прилично ефикасни при употреба на скенирање и реконструкција на 3Д објекти, додека системите базирани на време на лет се особено корисни во ситуации каде

е потребно брзо процесирање на податоците и мало време на одговор. Стереоскопските системи се генерално поефтини од останатите системи, но нивната употреба не гарантира висок степен на детали и брзина на одговор.

Од аспект на специфичен хардвер, за аквизиција на знаковни јазици, најчесто се користи хардвер базиран на структурирани светлосни шеми, но и останатите техники наоѓаат се поголема примена.

Постојат поголем број на уреди кои овозможуваат собирање на RGBD податоци, меѓутоа во рамките на овој труд ќе се наведат уредите кои може да се користат за аквизиција на податоци поврзани со знаковните јазици.

Како прв широко-употреблив хардвер кој се користел за аквизиција на знаковни јазици е *Kinect* уредот од Microsoft [66]. Уредот, првенствено претставен во 2009 година како додаток за конзолата за игри XBox 360, претставувал своевидна револуција во начинот на интеракција со компјутерскиот систем. Со тек на време, Microsoft овозможил Kinect уредот да се користи и на десктоп платформи. Уредот ги имал следните карактеристики [67]:

- RGB камера која била способна за макс. резолуција од 1280x960 или за резолуција од 640x480 при работа со 30 рамки во секунда
- емитер на инфрацрвени зраци и соодветен сензор за длабочина. Сензорот користи структурирани светлосни шеми за здобивање на длабочинската информација. Резолуцијата е 320x240 пиксели.
- низа од 4 микрофони за снимање на аудио и истовремено лоцирање на извор на локација
- акцелерометар за одредување на ориентација на уредот
- минимално растојание 0.4 метри и максимално растојание од 4.5 метри за длабочинскиот сензор со поле на видик (анг. field of view) од 57 на 43 степени.
- можност за следење до 20 зглобови или до 2 скелети на карактери

Направена е и втора верзија од уредот (Kinect v2), за XBox One конзолата, пред сè од софтверски аспект, со следните подобрени хардверски карактеристики:

- подобрена резолуција на RGB камерата до 1920x1080 со брзина од 30 рамки во секунда
- подобрена резолуција на длабочинската камера од 512x424 пиксели
- растојанието на длабочинскиот сензор е во опсегот од 0.5 до 8 метри со зголемено поле на видик од 70 на 60 степени.

- можност за следење на 25 зглоба односно до 6 карактери

Верзијата 2 на Кинект сензорот користи *време на лет* техники за одредување на длабочинскиот канал, што подразбира дека се прибираат поточни податоци за истиот. Истовремено, од зглобовите кои се следат, и за разлика од претходната верзија, овозможува подобро следење на прстите (особено палецот) [68].



Слика 4.2: Kinect за Xbox 360 (лево) и Kinect за Xbox One (десно)

Кинект овозможил револуција при аквизиција и креирање на податочни множества, пред се поради неговата лесна достапност, цена како и можноста да се пристапи директно до системот преку употреба на програмабилен интерфејс на апликацијата (анг. *application programming interface* - *API*). Кинект уредот е дисконтинуиран и не се произведува повеќе, а од Microsoft препорачуваат да се користат RealSense уредите.

RealSense преставува технологија развиена од Intel со цел да се развие група на сензори кои ќе имаат слична намена како и Kinect сензорот, меѓутоа ќе бидат подостапни и попреносни. Во моментот постојат повеќе дедицирани уреди кои се засноваат на оваа технологија како и значителен број на преносни компјутери кои имаат вградени уреди. Уредите се засноваат на структурирани светлосни шеми [69] и поддржуваат:

- анализа на лица, вклучително анализа на повеќе лица истовремено со следење на клучни точки на лицата.
- следење на рака и прсти, при што се во можност да следат до 10 прсти истовремено
- процесирање на звук со алгоритми за препознавање
- сценарија за надополнета реалност со следење на објекти.

Поради големиот број на уреди, постојат повеќе технички карактеристики за истите, меѓутоа сите се способни за снимање на RGB податоци (во висока резолуција) и снимање на длабочински податоци. Првенствено, уредите имале значително помал дomet од Kinect уредите (за моделите F200, S200) и се препорачува далечина од максимум 1.2 метри, со напомена дека некои од карактеристиките имаат оптимален

опсег кој може да биде помал. Во рамките на овој труд, правени се експерименти со користење на F200 модулот.



Слика 4.3: Intel RealSense F200

За разлика од претходните уреди, *LeapMotion* претставува уред кој е специфично наменет за работа директно со рацете [70]. Основната цел и намена на уредот е да овозможи различен режим на интеракција со компјутерските системи. Со повторната популаризација на различните типови на реалност (виртуелната, надополнета, мешана, итн.), уредот се користи пред се во комбинација со соодветни уреди за виртуелна реалност (пр. Oculus Rift, HTC Vive).

Употребата на уредите од претходниот тип овозможува да се креираат значителен број на податочни множества кои понатаму се користат во најразлични системи [71].

4.2 Излезни модалитети

Спротивно од влезните модалитети, излезните модалитети се форми за пренесување на информациите од системот кон корисниците на истиот. Соодветно на претходно наведените влезни модалитети, излезните модалитети се насочени кон целната група на корисниците, односно визуелна репрезентација на знаковниот јазик, односно пренесување на информации од уредите кон корисникот. Дополнително, со цел да се добие ефикасен излезен модалитет потребно е да се прилагоди на уредот на кој се прикажува.

Координираната употреба на повеќе делови од телото на говорителот на знаковниот јазик, како и употребата на просторот околу говорникот, како што беше наведено во делот за нотации за знаковни јазици, претставува предизвик кој ја поставува визуелизацијата на знаковните јазици како проблем кој е покомплексен од приказ на излезните модалитети на говорниот јазик. Тука се појавуваат и проблемите, пред се поврзани со комплексноста на нотациите за запис и малиот степен на прифатеност

во рамките на различните глуви заедници.

Имајќи ја таа цел, клиентите потребно е да бидат дизајнирани со цел да се искористат предностите на уредот кој се употребува и истовремено да се минимизираат неговите недостатоци.

Во визуелизацијата на знаковниот јазик се користат повеќе методи кои се развиени со текот на времето. Тие опфаќаат приказ на знаковен јазик со помош на:

- чирограми, идеограми и останатите техники за приказ на позиција на раце и останати делови од телото како и поими. Тие може да бидат во неколку различни стилови и формати.
- репрезентација за запис - поттикнати од нотациите на Стоке (Stokoe), SignWriting на Сатон (Sutton) како и HamNoSys нотацијата.
- видео репрезентација - која овозможува приказ на однапред снимен видео запис или низа од видео записи (сегменти).
- анимирана репрезентација - која овозможува приказ на знаковниот говор во однос на дадена временска оска, преку употреба на компјутерски генерирани содржини. Тие може во себе да вклучуваат и различни степени на интерактивност и генерирање на анимациите во реално-време, воведувајќи степен на флексибилност кој не е присутен во репрезентациите базирани на видео записи

Секој од наведените излезни модалитети овозможува креирање на различно искуство и побарува различни хардверски и мрежни перформанси и конфигурации.

4.2.1 Модалитети базирани на статични содржини

Чирограмите, идеограмите и лексиграмите се релативно мали датотеки кои може да доаѓаат во стандардните предефинирани формати за приказ на слики (растерски или векторски). Растерските формати овозможуваат да се прикаже дигитална фотографија или илустрација, додека векторските формати се погодни за приказ на илустрации.

Чирограми претставуваат илустрации кои ги прикажуваат рацете во соодветни позиции. Првенствено воведени во XVII век како начин на експресија на гестикулации при ораторство [72], се карактеризираат со приказ на позиции и форми на рацете (Слика: 4.4). Употребата на гестикулациите понатаму се класифицирала како форма на уметност, наречена *чирологија* [73] (Слика: 4.5). Темата и употребата на чирологијата се разгледува како дополнителна форма на комуникација во рамките на виртуелните и дигиталните светови [74].

Како покомплексна форма на чирограмите може да се наведат илустрациите во кои покрај рацете се прикажуваат и останати делови од телото. При употребата на



Слика 4.4: Извадок од „Чирологија“, каде се прикажани позициите на рацете и нивното значење според авторот.



Слика 4.5: Извадок од „Чирономиа“, каде се прикажани позициите на рацете

истите во знаковните јазици, претежно се прикажува горниот дел од телото, вклучувајќи ја и главата. Во рамките на овој труд, сите илустрации кои ги прикажуваат горните екстремитети и дополнително прикажуваат друг дел од телото, ќе ги класифицираме како чирограми и варијации на чирограми. Чирограмите дополнително овозможуваат да се прикажува и движење или некоја друга активност преку употреба на соодветни аотации на илустрациите, најчесто во форма на стрелки или останати знакови кои подразбираат движење.

Чирограмите и варијациите на истите, каде се прикажуваат и останатите делови од телото, имаат значителна употреба во глупите заедници. Постои големо множество на речници и потсетници кои содржат илустрации на позиции на рацете со цел да се пренесе некое значење. Како пример, НСГНМ во рамките на својата работа има објавено картички-потсетници кои имаат за цел да се прошири употребата на Македонскиот знаковен јазик [75]. Соодветно, на сајтот постојат и илустрации кои вклучуваат останат дел од телото [76], пред се поради релацијата на рацете со делови од телото при објаснувањето на некој поим. Како пример, во македонскиот знаковен јазик, придавката за црна боја односно „*црно*“ се прави со допир на показалецот од раката со носот на говорителот.

Како алтернативна на чирограмите се наметнуваат дигитални фотографии од говорници, кои прикажуваат говорник како говори поим, односно го прикажува користејќи го своето тело. Суштината на приказот е да се прикаже поимот на начин кој е многу сличен со тоа што е демонстрирано од чирограмите. Дополнително, доколку се прави комплексно движење може да се додаде дополнително објаснување (анотација) на самата слика, на ист начин како што се прави тоа кај чирограмите. Предноста на овој метод е релативно природниот начин на приказ на говорот како и можноста за генерирање на голем број на поими во релативно брзо време.

За разлика од чирограмите, идеограмите претставуваат директни слики или симплифицирани илустрации од поими во дадена конотација. Најчесто се наменети за генерална употреба од генералната популација и се разбирливи од припадниците на глупата заедница.

Во однос на техничките карактеристики, чирограмите и идеограмите претставуваат репрезентација во форма на слика, и ги имаат истите предности и недостатоци техничките карактеристики на сликата (формат, тип на компресија, големина на датотека, димензии, итн). Се разбира, растерските формати имаат одреден квалитет кој е во директна корелација со големината и компресијата на датотеката, правејќи ги зависни од големината и резолуцијата на дисплејот на кој се прикажуваат. Векторските формати се прилагодливи и секогаш имаат ист квалитет, без разлика од дисплејот на кој се прикажуваат.

Репрезентацијата на запис овозможува да се воведат симболи („азбука“) според соодветни правила и со тоа да се аотираат содржините во соодветната репрезента-

ција на знаковниот јазик.

4.2.2 Видео базирани системи

Системите за визуелизација на знаковни јазици кои се базирани на видео записи се карактеризираат со тоа што овозможуваат лесно да се снимаат податоци, односно говорители на знаковен јазик. Најчестата имплементација се сведува на креирање на мултимедијални речници кои прикажуваат еден поим или прикажуваат цела секвенца од поими кои се снимени во рамките на едно видео.

Видео репрезентациите се погодни за прикажување на однапред подготвен говор, меѓутоа големината на датотеките претставува сериозен проблем. Имајќи во предвид потребата од сеприсутноста на клиентот, потребно е иститот да ги пристапува податоците „по потреба“, односно да ги користи мрежните конекции за преземање на видеото. Можат да се искористат и техники на кеширање на видео датотеките, овозможувајќи намалување на мрежните потреби за сметка на простор на перманентната меморија на уредот.

При употребата на ваквите мултимедијални видео речници, визуелизацијата се сведува на приказ на претходно снимените видео клипови. Видео клиповите во генерала базираат на еден говорител на знаковен јазик кој почнувајќи од неутрална позиција го говори поимот и потоа се враќа во истата соодветна неутрална позиција. Се разбира, записите не мора да се однесуваат само на приказ на поими, туку може да се говорат фрази, реченици и цели пасуси, меѓутоа употребата на таквите видеа е прилично специфична.

Ваквите речници првенствено имаат две предности пред системите за визуелизација базирани на виртуелни карактери:

- прилично едноставни техники кои овозможуваат релативно едноставно креирање и аквизиција на лексикон на знаковниот јазик.
- можноста да се направи аквизиција на природни и реални перформанси на говорителите на знаковните јазици, кои во себе опфаќаат знаковен говор како и останати немањуелни карактеристики.

Покрај наведените предности, воочено е дека системите што се базираат на видео записи имаат и свои недостатоци, пред се:

големина на видео записите - датотеките кои се користат да се прикажат видео записите претставуваат стандардни видео датотеки, кои се поставени во рамките на даден формат и се енкодирани со соодветен кодер. Иако техниките за енкодирање се прилично развиени, што резултира во помали датотекки, самите датотеки се релативно големи [77] во споредба со записите базирани на слики.

пренос на видео записите - со самата големина на видео записите, се појавува проблемот за пренос на истите по потреба. Развитокот на телекомуникациите овозможува да се премостат голем дел од потребите за брзо пренесување на податоците, иако не е секогаш доволно брзо или инфраструктурата не е доволно развиена [78].

автоматското спојување на видео записите - како посебен проблем се појавува при автоматско спојување на видео записите со цел да се креираат целини кои ќе ги задоволат потребите во рамките на дадената комуникациона инстанца.

Од наведените недостатоци, со развојот на технологијата соодветно се премостуваат првите два недостатоци. Пред се, огромниот мемориски простор кој е достапен на секојдневните уреди, телекомуникациските брзини и развојот на нови енкодери, се минимизираат последниците од истите.

За разлика од првите два, автоматското спојување на клипови претставува проблем кој сè уште постои и за кои нема соодветно решение. Во минатото постоеле повеќе истражувања на методи и техники за спојување на видео сегментите, од кој може да се напомене системот развиен за словенечки знаковен јазик од Карпевц и Солина. [79]. Идејата на системот е да се истражат можностите за замена на толкувачи на знаковен јазик во рамките на телевизиски програми и да се генерираат прифатливи секвенци од видео записи кои ќе обозможат пренос на говорот. Системот кој го развиле се базира на видео записи кои се снимени во форма на речник на поими. проблемот на спојување на видео записите во рамките на дадена секвенца пробале да го премостат преку анотација на видео записот при што се зема предвид позицијата и ориентацијата на рацете во однос на телот како и релативната позиција меѓу двете раце. Имајќи ги предвид анотациите кои биле придружени кон секое видео, Крапевц и Солина развиле алгоритам кој ја наоѓал најсоодветната позиција, односно најблиската позиција имајќи ги достапните параметри, да се изврши премин од една во друга видео секвенца. Резултатите од нивниот пристап овозможиле (според нив) да се креираат „задоволителни“ транзиции, меѓутоа не објавиле понатамошни трудови со употреба на овој метод.

Техниките за визуелизација базирани на видео, со напредокот на компјутерската технологија, ги заменуваат останатите опции за дигитали на речниците на знаковни јазици. Како пример може да се наведе „**Речникот на Американски знаковен јазик на лингвистички принципи**“ [80], кој со тек на времето еволуирал во „**Мултимедијален речник на Американскиот знаковен јазик**“ [81], кој користи мултемедијални техники за приказ на знаковниот говор, пред се преку употреба на видеа. Оттогаш, постојат повеќе речници и ресурси за приказ на знаковните јазици, дистрибуирани преку различни медиуми.

4.2.3 Употреба на дигитални карактери (аватари)

Анимираниот пристап може да се креира во неколку форми и претставува основа за креирање на интерактивен пристап кон градењето на платформата. Генерално анимациите може да се поделат на многу типови. Компјутерските техники за анимација се делат генерално врз основа на просторот во кој се одвива дејствието, односно дводимензионални (2Д) и тродимензионални (3Д) анимации. 2Д анимациите најчесто се фокусираат на манипулација на слики, додека 3Д анимациите се добиваат со градење на виртуелни светови во кои се одвива дејствието.

Наједноставните анимации опфаќаат приказ на секвенца од слики во временски интервали. Во таа насока, наједноставна употреба на анимираниот пристап е употреба на пиктограмите и визуелната репрезентација на записите за приказ на анимацијата.

Идејата за употреба на системи за визуелизација на знаковни јазици преку употреба на техники од компјутерската графика и анимација, потекнува од самиот развој на истите дисциплини. Еден од првите методи за визуелизација на знаковниот јазик е опишан од Лумис [82]. Во неговите истражувања во 1980-тите години, Лумис се фокусирал на компјутерско моделирање на Американскиот знаковен јазик. Примарна цел на Лумис било да моделира и анимира комплексни движења на рацете со цел да репрезентира реалистични знаковни движења. Тој го поделил својот систем на 4 компоненти:

- реконструкција на актуелни движења во три димензии
- интерактивно креирање на функции од агли, со цел да се движат зглобови
- техника за манипулирање на движењето, независно од просторната патека
- можност за креирање на комплексни стимули и реално-временски секвенци од комплексни стимули за психолингвистички експерименти.

Неговата примарна цел била да се истражат интерактивни техники и податочни структури за анализа на комплексните движење на раце и дланки во Американскиот знаковен јазик. Доколку се земе в предвид дека моќноста на хардверот во тој период не дозволувал да се креираат реалистични анимации и следствено анимациите се рендерирани (прикажани) во форма на линии.

Почнувајќи од иницијалната работа на Лумис, понатаму почнуваат да се развиваат голем број на системи чија цел е да визуелизираат знаковни јазици.

Како еден од позначајните и попознати системи за работа со знаковен јазик треба да се напомене проектот ViSiCAST [83] и проектот eSIGN [84], кој е наследник на ViSiCAST. ViSiCAST претставува проект чија основна цел е да се овозможи систем

кој овозможува платформа за работа со знаковни јазици. Целиот проект е финансиран од Европската Унија со првична цел да се врши превод од Англискиот говорен јазик во Британски знаковен јазик, а понатаму и во останати знаковни јазици. За таа цел била развиена 3Д околина, која во себе го вклучувала вирутелните аватари Висиа (за ViSiCAST) и Гвидо (за eSign). Висиа била развиена како дигитален аватар кој во себе интегрирал скелет, кој бил во можност да движи делови од рацете и телото, притоа не била во способност да прави изрази на лице. Гвидо бил следната итерација на дигиталниот аватар и бил дополнително способен за креирање изрази на лице, базирани на морфирање на геометрија. Со цел да се контролираат аватарите, бил развиена XML нотација базирана на HamNoSys, наречена SiGML. Нотацијата е направена во целост да работи на техники базирани на клучни рамки, односно работи со зачувани позиции за секој дел од скелетот што се движи.

SignSynth [85] претставува систем развиен од Универзитетот во Њу Мексико. Системот користи ASCII варијација на Стоко како податочен влез во системот. Користи Web3D технологија како и VRML [86] за визуелизација на аватарот. Начинот на работа се сведува на обработка на влезните податоци преку употреба на скрипта и генерирање на клучни позиции за потребните контроли на виртуелниот аватар.

Thetos е сличен систем кој е развиен за превод од полски јазик во Полски знаковен јазик. Системот е имплементиран врз база на OpenGL и се состои од едноставен виртуелен карактер кој може да прикажува гестури со помош на рацете, контролиран преку употреба на клучни позиции и користи посебна „гестографска нотација“ која се користи од Глувата заедница во Полска.

SYNNENNOESE [87] претставува проект развиен за употреба во грчкиот знаковен јазик. Виртуелниот карактер е направен според H-Anim спецификацијата и користи HamNoSys нотација. Повторно се користи систем на клучни позиции кој се генерираат од HamNoSys нотацијата, преку употреба на посебен јазик за скриптирање.

VSigns [88] претставува уште еден систем, базиран на телесните анимационски параметри (анг. Body Animation Parameters - BAP) [89] дефинирани во рамките на MPEG4 стандардот. За да се користи апликацијата, мора да се користи специјален софтвер (MPEG4-FAP прикажувач) развиен со намена за приказ на анимации на лице. Интерно системот користи SWML за генерирање на клучни позиции.

Auslan Tuition System [90, 91] претставува систем развиен за употреба и визуелизација на австралиски знаковен јазик. Развиен на база на OpenGL и користи упростена верзија на виртуелен аватар, кој има 39 точки на ротација. Карактерот има можност за приказ на гестови со употреба на раце и анимации на лице.

Сличен експериментален систем е развиен и за визуелизација на италијански знаковен јазик [92]. Системот ја користи нотација дефинирана за Италијанскиот знамен јазик и наменет за веб и телевизиска употреба. Како дел од системот е развиен и посебен модул за внесување на податоци во рамките на базата на податоци. Постојат и

останати системи како TESSA [93], специфично наменет да се користи за Британски знаковен јазик при комуникација на лица од пошта.



Слика 4.6: Аватари за знаковни јазици: (а) Висиа за ViSiCAST, (б) Гвидо за eSign, (в) виртуелен карактер за Auslan Tuition System

Како што може да се заклучи од наведените системи, тенденцијата е да се користат реално-временски системи кои се базираат на некоја отворена спецификација за репрезентирање на човековото тело (пр. H-Anim) и користат некоја форма на репрезентација на знаковниот јазик (HamNoSys, SWML) која се користи за анимирање на виртуелниот карактер преку употреба на клучни позиции.

4.3 Препознавање на знаковни јазици

Од особен интерес се наметнува потребата од обработка на влезните податоци од говорителот на знаковни јазици и „декодирање“ на податоците со цел да се добие мисловна целина, односно значење. За разлика од стандардниот говорен јазик, каде проблемот на декодирање на звучните секвенци и откривање на нивното значење е проблем кој е во голема целина решен за јазиците кои имаат голем број на говорници.

Како што е елаборирано претходно, за разлика од говорниот јазик, знаковните јазици имаат различен модалитет и соодветно на проблемот треба да се пристапи од друг аспект. Полето на **препознавање на знаковни јазици** (анг. *Sign Language Recognition - SLR*) има за цел да развие алгоритми и методи за точно да се идентификува низа од изговорени знаци и соодветно да се разбере нивното значење. Стандардниот пристап е да се пренасочи проблемот во форма на препознавање на гестури (анг. *Gesture Recognition*), и со помош на развиените алгоритми и методи од полето, да се идентификуваат важните карактеристики и соодветно да се изврши класификација на говорот. Знаковните јазици по својата природа, покрај гестурите,

инкорпорираат цел спектар на останати канали за пренос на информации. Според тоа, методите кои се развиени за препознавање на говор не се применливи за работа со знаковни јазици. Полето на проучување на знаковни јазици, од информациски аспект, е прилично младо и нема доволно податочни множества кои би можеле да се искористат во проучувањето на истото.

Како позначајни техники кои се употребуваат за препознавање на знаковни јазици се техниките базирани на Скриени Маркови Модели (СММ) (анг. *Hidden Markov Models* - НММ). По својата дефиниција, **Скриен Марков Модел** претставува процес во кој се моделира системот преку употреба на статистички техники (т.н. статистички Марков Модел). Притоа, се претпоставува дека системот кој се моделира претставува **Марков Процес** во кој има состојби кои не се видливи. СММ се покажуваат како погодни во рамките на препознавањето на говорот, соодветно се и применливи при препознавање на знаковни јазици, пред се поради тоа што, по својата природа, СММ овозможуваат полесно справување со временската (темпоралната) карактеристика на знаковните јазици [94]. Корисноста на СММ била понатаму потврдена од слични истражувања.

Во последно време се повеќе се користи Tensorflow, отворена библиотека за машинско учење, развиена од Google [95]. Tensorflow се базира на употреба на т.н. „**длабоко учење**“ (анг. *deep learning*) [96, 97]. Длабокото учење се базира на употреба на невронски мрежи со голем број на т.н. скриени нивоа, кои може да бидат водени од неколку правила. Длабоките конволуциски мрежи се прикажуваат како ефикасни за процесирање на слики, видео, говор и аудио, додека рекурентните мрежи се покажуваат како посебно ефикасни при работа со текст и говор. Поради ефикасноста на длабоките невронски мрежи, тие наоѓаат се поголема примена во полето кое се користи за работа со знаковните јазици.

Глава 5

Имплементација на платформа за македонски знаковен јазик

Hear the birds? Sometimes I like to pretend that I'm deaf and I try to imagine what it's like not to be able to hear them. It's not that bad.

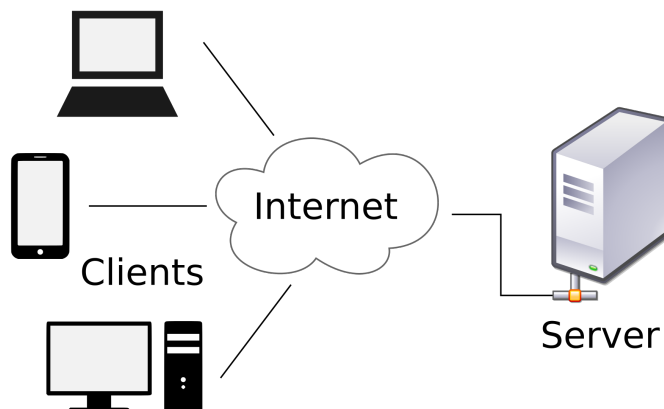
*Larry David (1947),
comedian, writer, actor,
director and television producer*

Основната цел на целата платформа е да се креира систем кој ќе овозможи:

- методи за перманентна репрезентација на движењата на човековото тело
- сервис за приказ на знаковни јазици и комуникација односно пренесување на информациите од првенствено тексутален формат во формат погоден за лицата кои го користат знаковниот јазик.

Со таа цел, потребно е максимално да се искористат предностите на модерните технологии, со цел да се овозможи платформата да биде компатибилна со денешните и идните барања на корисниците. Развитокот на технологија овозможува денес луѓето да се (речиси) постојано во контакт со целиот свет, најчесто преку употреба на мали портабилни уреди или преку употреба на персонални компјутери. Доколку се земе в предвид дека паметните мобилни телефони ја надминуваат иницијалната функција на нивните претходници и се повеќе се употребуваат како персонални компјутери кои се секогаш вклучени и поврзани кон глобалната мрежа. Употребата на останати "паметни" уреди, како таблети, ја дополнува празнината која настанува

меѓу персоналните компјутери и мобилните телефони. Дополнително архитектурата "клиент-сервер" може да се наведе како најпогоден кандидат за реализација на платформата за знаковен јазик.



Слика 5.1: Генерална архитектура на клиент-сервер систем

Клиент сервер архитектурата овозможува да се изврши одделување на приказот од логиката и податоците на платформата. Преку употреба на оваа архитектура се овозможува креирање на систем кој ќе овозможи повеќе погодности:

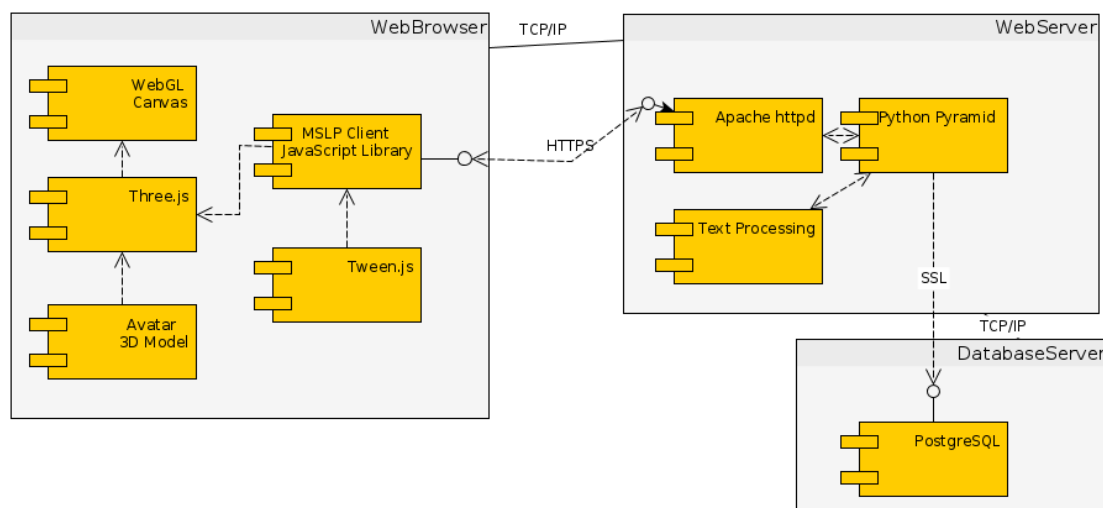
скалабилност - преку употреба на клиент-сервер моделот се овозможува конектирање на повеќе клиенти кон дадениот сервер кој е должен да ги опслужи побарувањата за податоци. Имајќи ги предвид хардверските и мрежните потреби за комуникацијата, можно е даден сервер истовремено да опслужува повеќе клиенти. Дополнително, серверот не мора да претставува една машина, туку може да бидат повеќе компјутери кои ги делат задачите меѓусебно.

варијабилност - под варијабилност се подразбира асортиманот на различни уреди кои ќе можат да се поврзат кон серверот. Имајќи предвид дека серверот пренесува серијазибилни податоци во текстуален формат, тој може да се имплементира како јавен сервис кон кој може да се прикачат сите клиенти што сакаат да комуницираат со него. Следствено, може да се имплементираат клиенти за различни уреди кои ќе треба да ги интерпретираат податоците кои се добиени од серверот. Иницијалниот план е развој на клиент за персонални компјутери меѓутоа развиени се и клиенти кои може да се користат на мобилни телефони.

сеприсутност - под поимот сеприсутност се подразбира користење на системот по потреба, без притоа да се грижиме за посебна опрема која треба да ја носиме. Единствени барање за користење се: инсталиран соодветен клиент и конекција

спрема серверот. Имајќи во предвид дека клиентот може да се користи на повеќе платформи и дека дел од тие платформи опфаќаат и мобилни апликации, сеприсутноста е загарантирана.

За соодветната цел да се задоволи, целиот систем е изграден врз модуларни принципи, односно е наменет да се развива врз основа на компоненти кои ќе интерактираат меѓусебно врз основа на дефинирани протоколи за комуникација. Компонентите на системот се прикажани на следниот UML компонентен дијаграм (слика: 5.2).



Слика 5.2: Компонентен дијаграм на системот

Притоа може да се идентификуваат поважните делови од системот:

Клиентска апликација - претставува точка на комуникација која треба да биде достапна на генералната популација и основен начин да се пристапи до системот. Клиентот потребно е да задоволува следните основни функционалности:

- приказ на текстуален поле во кое корисникот би можел да го внесува соодветниот текст кој сака да биде изговорен на македонски знаковен јазик.
- приказ на 3Д сцена во која се прикажува виртуелниот карактер, при што карактерот ќе може врз основа на параметрите добиени од серверот да ги визуелизира податоците во реално време.

Серверски модул - претставува апликација чија примарна намена е опслужување на клиентите. Серверскиот модул е должен да ги прими влезните информации кои ги испраќа клиентската апликација, да ги преведе (толкува) во соодветни параметри и да ги испрати назад до клиентската апликација.

Модул за аквизиција и обработка на податоци овозможува да се внесуваат податоци во рамките на системот.

Во понатамошниот дел подетално ќе се разработи секој модул.

5.1 Клиентски модул

Во рамките на системот, имплементирани се повеќе итерации на клиентскиот модул кој овозможува да се визуелизира знаковниот јазик.

Модулот се состои од следните основни компоненти:

- подмодул за внесување на текстуални податоци
- подмодул за мрежна комуникација
- подмодул за визуелизација

Основниот начин за интеракција е преку внесување на текстуален податок кој треба да се визуелизира во форма на знаковен јазик. За тоа е одговорен **подмодулот за внесување** на податоци. Во рамките на системот, се дефинира поле за внесување кое овозможува да се внесе текстот кој треба да се говори на знаковен јазик. Текстот се испраќа до подмодулот за комуникација. Клиентот влегува во состојба на чекање на одговор и му ја предава одговорноста на подмодулот за комуникација.

Подмодулот за комуникација е одговорен да го имплементира протоколот за комуникација меѓу серверот и клиентот. Одлучено е врз база на софтверските искуства да се користи REST базирана комуникација [98] која овозможува да се испраќаат податоци до серверот. Подмодулот за комуникација ги прима тексуталните податоци од подмодулот за внесување и соодветно ги енкодира во претходно дефинираниот JSON (JavaScript Object Notation) формат.

JSON форматот е префериран во споредба со SignWriting Markup Language (SWML), кој е XML базирана нотација, пред се поради неговата флексибилност и релативно помалата големина на податоците. Дополнително, од аспект на македонскиот знаковен јазик, кој е нестандардизиран и кој нема стандардизирана нотација, нема податочни множества и е генерално неистражен, флексибилноста на форматот ќе овозможи побрзо да еволуира. Доколку има понатамошна потреба од воведување на правила, тогаш може да се користат останати модули кои ќе воведат правила со цел да се изврши валидација и структурирање на податоците

По испраќање на податоците, клиентот преминува во состојба на чекање одговор од серверот. По примање на одговорот (во форма на JSON запис), се предаваат податоците на подмодулот за визуелизација.

Подмодулот за визуелизација е основната клиентска компонента, одговорна на приказ на податоците добиени од серверот во форма на визуелен модалитет базиран на виртуелен карактер. На овој подмодул е посветено најголемо внимание и соодветно ќе бидат детално опишани сите постапки за неговата имплементација.

5.1.1 Детален преглед на постапки при креирање на виртуелен карактер наменет за знаковен јазик

Со цел поблиску и пореалистично да се опише знаковниот јазик, употребата на аватари е модалитет кој сè повеќе се користи за да се визуелизира знаковниот јазик. За таа цел потребно е да се дизајнира компјутерска репрезентација на аватарот, преку употребува на алатки за компјутерски потпомогнато дизајнирање - КПД (анг. Computer Aided Design - CAD).

Процедурата на креирање на аватар опфаќа повеќе чекори, од кои како најважни може да се издвојат:

Дизајнирање на изглед претставува процес во кој треба да се осмисли изгледот на карактерот. Најчесто тука се осмислува ликот на карактерот, неговите карактеристики и харизма.

Креирање на 3Д модел на аватар опфаќа повеќе процеси, од кои како најважни може да ги издвоиме:

- креирање на тродимензионален модел на хуманоиден аватар
- креирање на соодветна виртуелна околина.

Сенчање и текстурирање на аватарот претставува процес кој подразбира креирање и поставување на текстури и материјали на карактерот, со цел тој да се прикажува на екранот.

Креирање на контроли за деформација е познато како ригување на моделот и претставува мноштво од техники и практики кои се користат за да може полесно да се врши процесот на анимација на аватарот и останати предмети.

Анимирање на аватарот процес во кој се движи карактерот или делови од карактерот преку употреба на контролите кои се поставени во процесот на ригување на карактерот.

Рендерирање на аватарот и околината завршен процес во кој 3Д виртуелниот свет и објектите во него се обработуваат со цел да се добие секвенца од завршни слики од целиот виртуелен свет.

Секоја од наведените фази опфаќа технички и уметнички компоненти кои се потребни со цел да се креира визуелно прифатлив приказ.

Мора да се напромене дека постојат значителни обиди да се овозможи репрезентација на човекот во рамките на дигиталните околина. Како најпознат од сите напори може да се спомене H-Anim стандардот за репрезентација на виртуелни карактери и MPEG-4 стандардот за анимација на параметри на лице и тело. Имајќи

го предвид брзиот развој на индустријата, се развиваат и останати стандарди за креирање на виртуелни карактери, како WikiHuman.

H-Anim претставува отворен интернационален стандард (ISO/IEC 19774) кој има основна цел за репрезентација на хуманоидни карактери во рамките на мрежно-базирана 3Д околина, преку специфицирање на апстрактната форма и структура. H-Anim специфицира генерални насоки за моделите на хуманоидниот карактер како и унифицирана структурата на скелетот на виртуелните карактери, соодветни интерфејси за унифициран пристап кој е овозможен преку два јазици: VRML и X3D. Стандардот овозможува креирање на скелети со различен степен на артикулација (анг. Level of articulation - LoA), овозможувајќи да се креираат различни комплексности на скелетите во зависност од потребата.

MPEG-4 стандард за анимација на параметри на лице и тело (анг. MPEG4 Face Body Animation Parameters) е затворена спецификација која е дел од MPEG стандардот. Во рамките на стандардот се дефинира анимациски објект на лице и тело (анг. Face Body Animation - FBA) кој претставува сцена репрезентирана во форма на граф. Притоа во рамките на FBA објектот се дефинира скелет кој е контролиран од множество на параметри за дефиниција на телото (анг. Body definition parameters - BDP), како и множество од параметри кои го дефинираат лицето (анг. Facial definition parameters - FAP).

За разлика од нив, **WikiHuman** претставува проект чија цел е да се креираат *веродостојни дигитални луѓе*, со посебен осврт на изгледот на истите, притоа да се премине преку т.н. „*uncanny valley*“ ефект кој се појавува при интеракција со дигитални карактери [99]. Проектот пред се е наменет за се опише реалистичен изглед и однесување на дигиталните карактери, посебно во ерата кога виртуелната реалност повторно се актуелизира.

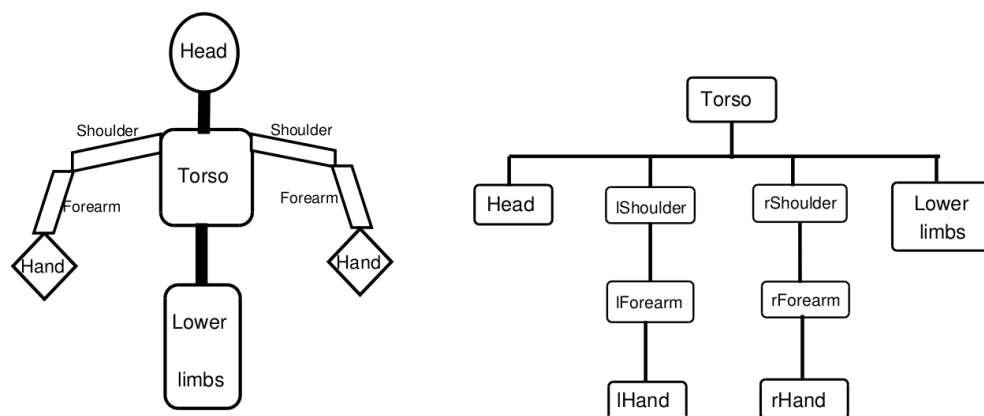
Употребата на **H-Anim** и **MPEG4 FBAP** овозможува да се креира стандард за репрезентација на движења додека проекти како **WikiHuman** овозможуваат да се воспостави подобра и пореалистична репрезентација на виртуелните карактери. Имајќи ги во предвид проектите, во рамките на овој труд креиран е дигитален аватар кој се води според стандардните на претходните технологии.

5.1.2 Карактеристики на хуманоидни дигитални аватари

Кога се работи со дигитални карактери, потребно е детално да се проучат и искористат особините на човековото тело, пред се локомоторните карактеристики на човековото тело. Треба да се земе предвид дека човековото тело претставува комплексна локомоторна структура која е составена од коски, зглобови, мускули, лигаменти и мноштво на останати граѓбени делови. Зглобовите се точки на ротација и се клучни да се овозможи движење на телото, додека мускулите и лигаментите овозможуваат

да се ротираат зглобовите и со тоа да е движат коските.

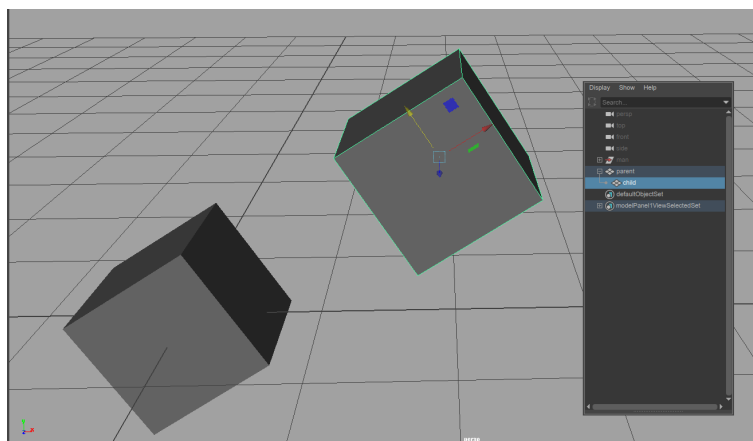
Како почетна точка од проучувањето може да се почне од скелетот, кој покрај тоа што дава потпора за останатото ткиво, овозможува да се воспостави хиерархија меѓу разни делови од телото. Хиерархијата на човековото тело претставува основен концепт кој се користи при анимацијата на движења.



Слика 5.3: репрезентација на човековото тело: (а) поедноставен приказ на хиерархија на човековото тело (лево), (б) приказ на хиерархијата во форма на хиерархиско стебло (десно)

Целото тело може да се подели на неколку сегменти, во кои за потребите на овој труд ќе се задржиме на: торзото, рамената со горниот дел од рацете, лактовите и подлактиците, дланките со прстите и главата. Долниот дел од телото (колковите, нозете, стапалата) не се користат со иста фреквенција како и горниот дел од телото. Секој од дадените сегменти влијае и на него влијаат од неговите соседните сегменти и се воспоставува **хиерархиска врска** со неговите соседни сегменти.

За потребите на виртуелниот карактер и земајќи пример и поуки од постоечките стандарди, се поставува хиерархиски модел како на слика 5.3.б. Од сликата може да се забележи дека моделот претставува директен ацикличен граф (дрво) каде што секој зглоб од скелетот е јазол (нод) и е во директна насочена релација со неговите соседни зглобови. Со тоа се формира т.н. хиерархија **родител-дете** (анг. parent-child hierarchy), која овозможува креирање на локални координатни системи на нодовите кои се поставени релативно во однос на координатниот систем на родителот. Како последица од целата поставка, трансформациите на еден нод се пропагираат врз координатниот систем на нодовите кои се под него хиерархиски, а со тоа се врши индиректна трансформација. Доколку внимателно се постави координатниот систем на секој нод, се овозможува прецизно дефинирање на локалните координатни системи на секој нод (зглоб), што доведува да се поедностават трансформациите кои се извршуваат врз зглобовите и со тоа да се користат поедноставни трансформации кои ќе бидат испратени до виртуелниот карактер.



Слика 5.4: Пример за родител-дете хиерархија. Детето објект има само транслација по X оската во однос на родителот кој е ротиран.

5.1.3 Тродимензионално моделирање и сенчање на карактер

Самиот процес на 3Д моделирање претставува техника која опфаќа креирање на математичка репрезентација на тродимензионален објект. За таа цел може да се користат повеќе математички репрезентации на моделите:

полигонално моделирање - претставува градење на модел кое опфаќа креирање на модел преку користење на полигони, односно многуаголници. Секој полигон е изграден од три или повеќе темиња (точки во просторот, англ. vertices) и рабови кои ги поврзуваат соседните темиња. Полигоните може да делат заеднички темиња и рабови со цел да се добие приказ на континуирана површина. На тој начин се врши апроксимација на моделот со голем број на рамнини.

Како специјален случај на полигоналното моделирање може да се сметаат техниките кои се базираат на полигонална математичка репрезентација но во себе инкорпорираат и други методи за моделирање, како дигитално вајање (digital sculpting) и моделирање на површини со помош на поделки (subdivision surfaces).

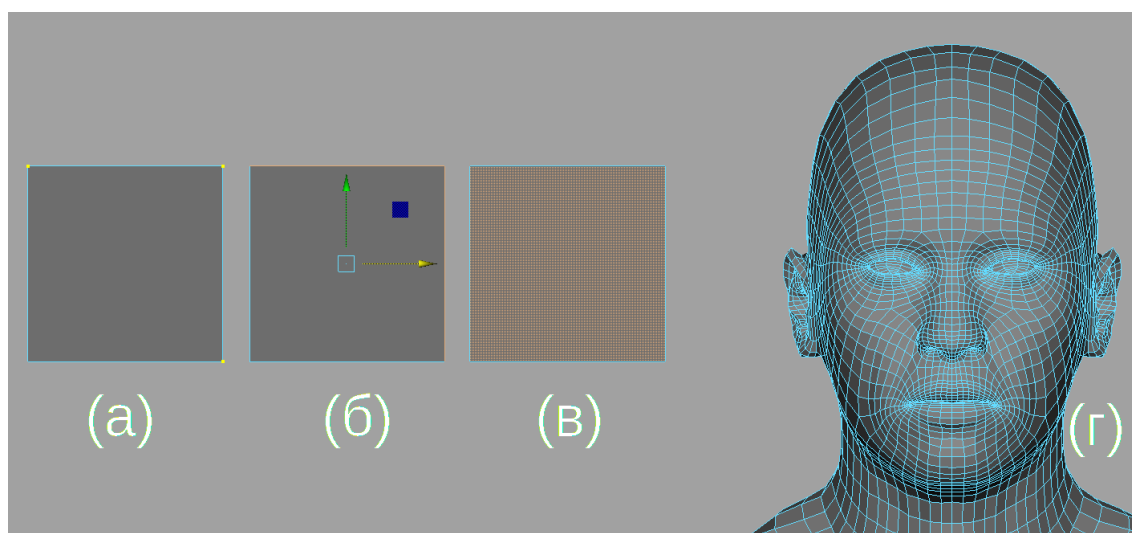
моделирање со помош на Б-криви (B-Splines) и површини кои се добиени од криви (Non-Uniform Rational Basis Spline - NURBS) - Б-кривите се генерализација на Безиерови криви, популаризирани од Пјер Безиер. Употребата на NURBS геометријата подразбира креирање на површини преку функции од 2 параметри кои креираат површини мапирани во 3Д просторот. Изгледот на површините се контролира преку манипулација на контролни темиња (control vertices).

моделирање со помош на волуметриски репрезентации (voxel) - претставува техника при која тродимензионалниот простор се дели преку употреба на

регуларна мрежа. Притоа поделките кои се добиваат претставуваат волуметриски репрезентации (voxels) на просторот. Генерално се користат за визуелизација на простори во кои нема значително движење на објекти, односно статички сцени.

моделирање со помош на метатопки (metaballs) - е техника која овозможува да се моделираат објекти и да се симулира нивната интеракција во n -димензионален простор. Најчесто не се користат за моделирање на карактери.

Наведените техники се разликуваат во однос на комплексноста и флексибилноста, и следствено имаат свои предности и недостатоци. Како најмоќна и најкористена техника се наметнува полигоналното моделирање (слика 5.5). Полигоналното моделирање доживува своевидна ренесанса со развитокот на модерниот графички хардвер, пред се поради тоа што овозможува да се вршат брзи трансформации на мноштвото темиња преку специјализирани програми на графичкиот хардвер наречени засенчувачи (анг. *shader*).



Слика 5.5: Polygonal modelling: (а) selected 3 vertices (жолта боја), (б) рабови меѓу 2 соседни темиња (портокалова боја), (в) страна креирана од 4 темиња (портокалова боја), (г) полигонален модел на човечка глава

За креирање на 3Д полигонални модели се употребуваат специјализирани софтвери, кои може да бидат со општа или специјална намена. Општите софтвери за 3Д моделирање и анимација се карактеризираат со алатки и алгоритми за манипулација на полигони (пр. Autodesk Maya, Blender, Cinema4D, итн), додека специјализираните софтвери во себе опфаќаат подмножество на таргетираните алатки и алгоритми кои се наменети за креирање на модели со дадена намена (пр. SolidWorks на Dassault Systèmes за креирање на прецизни технички модели).

Артистот кој го гради 3Д моделот (3Д моделер) најчесто претставува лице кое е обучено во даден софтвер за креирање на дигитални модели. Дополнително, моде-

лирањето на дигитални карактери (аватари) во себе опфаќа техники и постапки кои се карактеристични за уметниците и речиси секој 3Д моделер на карактери треба да има солидни познавања од анатомијата на аватарот кој го моделира.

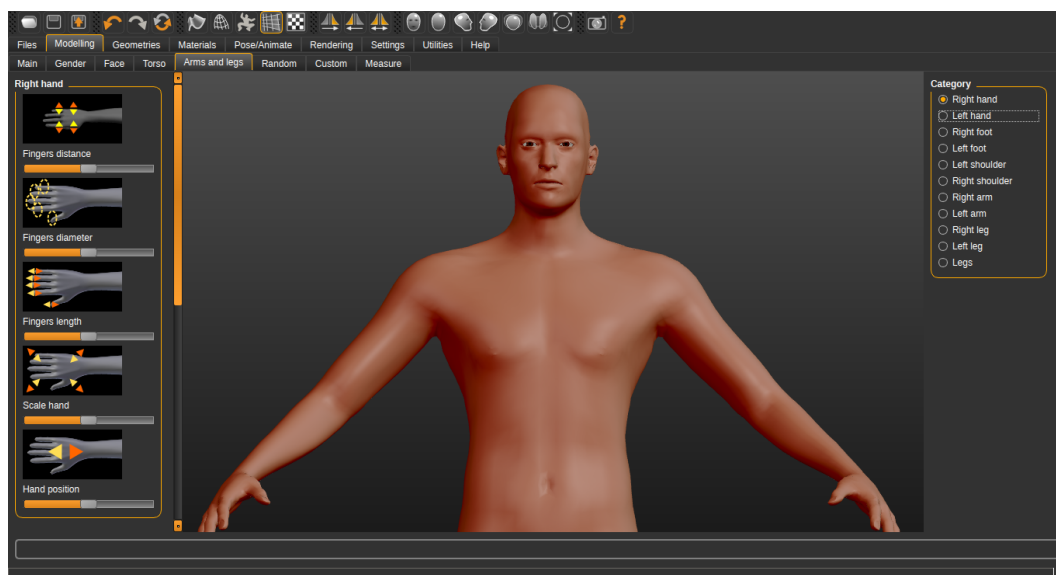
За потребите на моделот кој ќе се користи во рамките на клиентот, истражени се две опции:

1. самостојно креирање на хуманоиден карактер без употреба на веќе предефиниран модел на дигитален карактер.
2. креирање на карактер со користење на готов софтвер, преку употреба на параметри кои ќе специфицираат соодветни параметери.

Разлика во опциите се сведува на квалитетот и потребното време да се креира соодветниот модел. Самостојното креирање на карактер овозможува поголема флексибилност во неговата изработка, меѓутоа побарува поголемо време на изработка и искусен артист-моделер кој ќе го креира.

За разлика од самостојното креирање на карактер, постојат специјализирани софтвери кои се во можност да креираат дигитални карактери преку специфицирање на множество на параметри. Како пример на такви софтвери може да се посочат: Genesis, Poser и MakeHuman.

Испробани се и двете опции и одлучено е дека моделите кои се креирани преку употреба на параметарски софтвери сосема ги задоволуваат потребите за визуелизација на знаковните јазици. Конкретно, употребен е софтверот **MakeHuman** за генерирање на повеќе типови на модели.



Слика 5.6: Пример за креирање на машки модел преку одбирање на параметри во MakeHuman

Сенчањето на карактер претставува процес во кој на површините кои се добиени во процесот на моделирање им се задаваат својства кои интерактираат со светлосните зраци односно фотоните (како боја, текстура, одсјај, рефлексивност, итн.).

Карактеристиките на материјалите кои се користат треба да соодветствуваат со нивната репрезентација во реалниот свет и да ги опишат карактеристиките на истите. Во рамките на овој труд се таргетира креирање на релативно реалистичен карактер, кој ќе има повеќе хуманоидни карактеристики. Мора да се напомене дека треба да се врши баланс меѓу едноставноста и фотореализмот на аватарот.

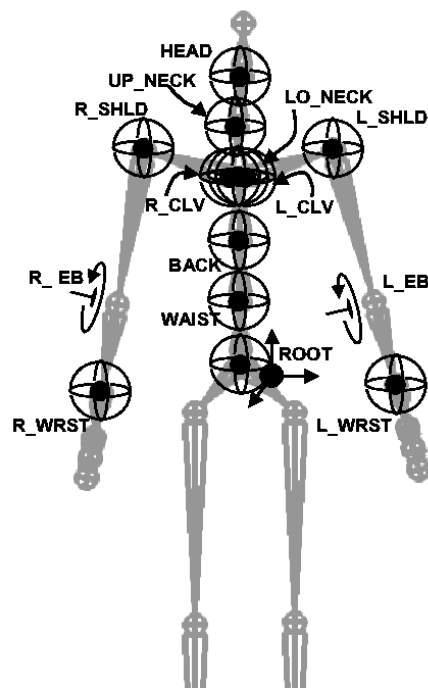
5.1.4 Креирање на контроли за движење на аватарот

Со цел аватарот да ја има можноста да се движи, потребно е да се креираат методи кои ќе го „деформираат“ 3Д моделот со цел да се добие посакуваното движење. Во зависност од геометријата која се користи за креирање на моделот, движењата се добиваат исклучително преку движење на компонентите од кои е изградена геометријата. Тоа значи дека доколку се користи полигонална геометрија, тогаш се движат основните компоненти од кои е изградена истата, односно темиња (вертекси).

Процесот на ригување овозможува повеќе начини на креирање на деформации на 3Д моделот. Тука може да се наведат многу техники кои се користат од уметниците при креирање на контролите, секоја техника со соодветна примена. За да се симулира движење на телото на човекот, потребно е да се симулира сложен систем кој опфаќа разни типови на коски, мускули и лигаменти. Соодветно на тоа, креирани се повеќе техники за симулација на истите.

Како најкористен начин е креирање на скелет на моделот, кој претставува хиерархија од точки на трансформации, најчесто ротација на зглобовите. Притоа скелетот на дигиталните карактери треба да се креира на тој начин што ќе овозможи да се добијат посакувани деформации на карактерот, овозможувајќи што е можно повеќе приказ на човековиот скелет. Имајќи ја предвид таа цел, потребно е детално да се формулираат можностите за трансформации на секој зглоб. Полард и Ходџкинс [2] имаат детално објаснување за процесот во кој се креираат хуманоидни скелети за потребните на реално–временско прибирање на движење и соодветно ги дефинираат проблемите со кои се соочуваат при визуелизација на човековите движења. Пред се, кога се врши деформација на хуманоиден виртуелен карактер треба да се запазат **степените на слобода** (анг. *degree of freedom - DoF*) на секој зглоб од интерес. Соогласно на тоа, презентираат предлог скелет за визуелизација на движењата, даден на слика 5.7.

Како што може да се воочи, зглобовите имаат различни степени на слобода, пред се во зависност од анатомскиот тип на зглобот и мускулите кои го движат [100]. Доколку се земе предвид само горниот дел од телото, исклучувајќи ги рацете, сите



Слика 5.7: Репрезентација на степените на слобода за хуманоиден скелет (адаптирано од [2])

зглобови (на поедноставениот скелет) имаат по 3 степени на слобода (ротација по секоја од трите оски), освен ROOT зглобот (6DoF - ротација и транслација), лактите (1DoF - ротација по само 1 оска) и клучните коски (2DoF - ротација по 2 оски).

Моделот се поврзува со скелетот на тој начин што на секое теме му се доделува влијание од зглобовите во неговата близина. Оваа постапка се нарекува **поврзување на кожа** (анг. *bind skin*). Постојат повеќе алгоритми и техники за начините на влијаење на скелетот врз темињата, од кои во последно време се повеќе се користат комбинации од техники кои се базираат на **дуални кватерниони** [101]. Постапувањето на скелетот претставува прецизна постапка која бара голема внимателност и искуство.

Од аспект на движење на виртуелни хуманоидни карактери, движењето се врши преку ротација на зглобовите кои се дефинирани во рамките на процесот на ригување. Ротацијата на зглобовите може да се изведува директно или индиректно, а во однос на целокупното движење на даден сегмент од карактерот, може да се користи **кинematика-напред** (анг. *forward kinematics*) или **инверзна кинematика** (анг. *inverse kinematics*).

Кинematика напред претставува директна ротација на зглобовите на карактерот. Кинематиката напред го симулира реалистичното човеково движење од анатомски аспект. Предноста на кинематиката напред е креирањето на реалистично движење и релативно едноставната интерполација која се одвива со цел да се постигне движењето.

Инверзната кинематика претставува индиректна ротација на зглобовите која се извршува преку креирање на т.н. ефектори кои имаат примарна цел да најде оптималната конфигурација од зглобови со цел да се добие посакуваната конфигурација [102]. Полето е иницијално развиено за примена во роботика меѓутоа истите техники се користат и за аквизиција и анимација на дигиталните објекти и карактери.

Кинематиката нанапред овозможува да се добијат поприродни движења, запазувајќи ги лаковидните движења кои се карактеристични за човековото тело. За разлика од кинематиката нанапред, инверзната кинематика овозможува олеснување на процесот на трансформација, преку креирање на оптимални конфигурации на засегнатите ефектори. Инверзна кинематика претставува активно поле на развој, пред се поради тоа што постојат голем број на конфигурации кои ги задоволуваат поставените услови. Соодветно на тоа се развиени повеќе типови на алгоритми кои се во активна генерална употреба: стандардна инверзна кинематика и инверзна кинематика базирана на криви (IK Spline).

Во рамките на компјутерската анимација, инверзната кинематика најчесто се употребува за движење на низата на зглобови во потегот *рамо – лакт – рака* и *колк – колено – скочен зглоб*. Притоа може да се забележи дека во двата случаи се креира инверзна кинематика чии крајни зглобови (првиот и последниот) имаат голем степен на ротациска слобода, додека средишниот зглоб има ограничена ротациска слобода (односно ротира по само една оска).

Платформите за развој на игри најчесто ги поддржуваат и двете техники за кинематика, иако постојат различни имплементации на истите. Од аспект на движење на виртуелниот карактер за потребите на визуелизацијата на знаковниот говор, пожелно е да се користат и двата типа на кинематика, меѓутоа во рамките на системот иницијално е имплементирана кинематика нанапред, пред се поради природата на движењата кои се присутни во рамките на знаковниот јазик. Тоа не значи дека инверзната кинематика не се користи, туку дека излезниот модалитет во рамките на клиентската апликација моментално користи кинематика нанапред.

5.1.5 **Импортирање на дигиталниот аватар во реално-временски базиран систем за анимацијата**

Сите претходни чекори за креирање на дигиталниот карактер се извршени со употреба на специјализирани софтвери за компјутерски потпомогнат дизајн. По самиот начин на работа, софтверите не се наменети да се изврши реално-временска визуелизација на 3Д објектите. За таа намена, потребно е да се користи формат кој е интероперабилен и кој може да се користи во рамките на реално-временскиот систем за визуелизација.

Постојат голем број на формати кои се користат за пренесување на 3Д објекти и

соодветни пропратни ресурси. Во рамките на овој проект, потребно е да се експортира креираниот модел, скелет, материјали и текстури за виртуелниот карактер. Од големата ризница на формати, како формати од особен интерес може да се наведат:

COLLADA (COLLABorative Design Activity) - претставува дигитален XML базиран формат и ISO специфициран стандард за репрезентација на виртуелни сцени [103]. иницијално развиен од Sony Computer Entertainment и одржуван од Khronos Group, поддржува пренесување на текстуритрана геометрија, скелети и кинематика, физика и многу други карактеристики кои не се од интерес на трудот.

FBX (FilmBoX) - претставува широкопопуларен, затворен формат за пренос на 3Д сцени развиен со цел да се зачуваат податоци добиени при „прибирање на движење“ (анг. Motion Capture - MoCap). Форматот е сопственост на Autodesk и се користи за приказ на секаков вид на 3Д сцени [104]. За работа со форматот најчесто се користат готови модули–експортери кои се присутни во рамките на Autodesk продуктите или пак се користи предефиниран SDK. Форматот е достапен во две верзии, како бинарна датотека и како текстуална датотека.

glTF (GL Transmission Format) - претставува релативно нов формат развиен од Khronos групацијата со цел да се овозможи интероперабилност меѓу различните апликации кои меѓу себе треба да сподедуваат тродимензионални податоци. Базиран е на JSON нотацијата и е поддржан од повеќе лидери во полето на компјутерската графика.

Во рамките на овој труд испробани се повеќе варијанти, меѓутоа поради стабилност и широка поддршка се користат форматите FBX и glTF.

За визуелизација на знаковните јазици и реално–временска комуникација, наједноставно е да се искористи некоја од веќе широко употребуваните и користени платформи за развој на игри (анг. *game engine*). Изборот на платформа за развој на игра директно влијае врз тоа на кои платформи ќе може да се извршува системот.

Разгледани се следните платформи:

Unity е најпознатата и широко употребувана, 3Д базирана платформа која во себе интегрира мноштво на функционалности за креирање на игри. Во себе содржи модули за работа во 3Д и 2Д простор, мрежна комуникација, можност за употреба на виртуелна и надополнета реалност како и многу останати модули и карактеристики. Моментално претставува најпопуларна платформа за т.н. indie развој на игри (анг. Independent Game Development) и има голема и активна заедница. Платформата е проширлива и сè уште во активен развој. Поддржува преку 25 платформи за кои може да се креираат игрите и е достапна во повеќе

верзии меѓу кои и една ограничено бесплатна верзија. Кодот не е достапен на стандардните корисници.

Unreal Engine е најразвиенијата, широко достапна, популарна платформа за развој на игри. Развиена е од Epic Games кои се познати по своите првокласни игри кои се развиени преку употреба на платформата. Поддржува напредни техники и алгоритми за манипулација на светлосни извори, материјали, физика, анимација, виртуелна и надополнета реалност итн. Генерално се смета за прилично напредна и оптимизирана платформа која поддржува голем број на платформи. Кодот е достапен на лиценцирани корисници и има ограничена бесплатна верзија.

Blender е софтвер со отворен код за компјутерска анимација и компјутерски потпомогнат дизајн, налик на Autodesk Maya. Дополнително, во рамките на системот е развиена и платформа за игри која овозможува креирање на реално-временска извршна верзија. Поддржан е на стандардните десктоп платформи (Windows, MacOS X, Linux) и има додатоци што поддржуваат WebGL платформа.

Godot е платформа иницијално развиена за работа на 2Д игри, но со најновата верзија (3.0), овозможува да се креираат и 3Д игри. Кодот е целосно отворен и добива голема поддршка од заедницата. Моментално не го поддржува **fbx** форматот и користи OpenCOLLADA и glTF за интеграција со останатите софтвери.

Threejs е JavaScript базирана библиотека која овозможува да се искористи WebGL технологијата да се визуелизираат 3Д сцени во рамките на корисничкиот веб-прегледувач. Има развиена заедница и голем број на корисници.

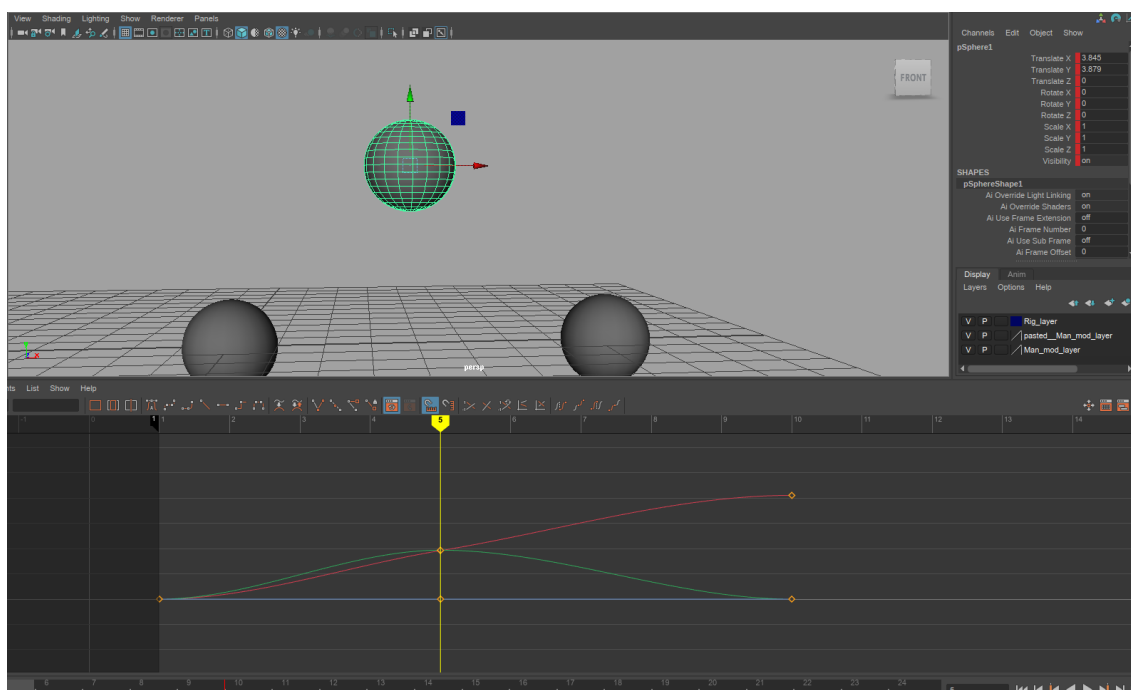
Во рамките на истражувањето, направена се напори за креирање на клиенти во секој од наведените платформи за развој на игри. По иницијалната проценка, одлучено е да се креира клиентот во **Unity** платформата, со цел да се искористат предностите на десктоп компјутерите, со алтернативна имплементација во **Threejs** системот за визуелизација.

Карактерот заедно со соодветната околина преку употреба на **fbx** и **glTF** форматите е импортиран во наведените платформи и соодветно се изврши развој и имплементација на логиката за визуелизација на аватарот.

5.1.6 Имплементација на систем за реално-временска анимација

Движењето на виртуелниот карактер претставува екстремно важен детал од целиот систем. Виртуелниот карактер треба да биде во можност да се изразува на ист начин на кој се изразува и стандарден говорник на знаковен јазик.

Постојат повеќе начини на кои може да се движат виртуелните карактери. Стандардниот пристап, кој е наследен од традиционалната анимација, е употреба на т.н. клучни рамки (анг. keyframes). Клучните рамки се концепт кој се базира на зачувување на вредностите на одредено множество на контролни параметри во дадена временска позиција (слика 5.8). Меѓу две клучни позиции се дефинира временски интервал. Системите за визуелизација и софтверите кои се способни за анимација овозможуваат генерирање на меѓупозициите кои се добиваат со интерполација на вредностите од клучните рамки во рамките на дадениот временски интервал.



Слика 5.8: Клучни рамки: (а) Приказ на 3 клучни рамки при движење на сфера (горе). (б) графички приказ на трансформациите во дадениот временски интервал (доле).

5.2 Серверски модул

Серверскиот модул е замислен и имплементиран како сервис кој треба да обработува побарувања од клиентите и соодветно да им испраќа параметри за визуелизација на клиентот. Серверскиот модул претставува веб апликација направена во програм-

скиот јазик Python преку употреба на комбинација од Flask и Django платформите за развивање на веб-базирани апликации. Модулот се состои од веб-сервер кој ги прифаќа барањата на клиентите во текстуална форма и притоа ги обработува податоците и генерира трансформации кои се испраќаат кон клиентот.

Со цел успешно да се одвива овој процес, потребно е системот да е способен да ги репрезентира податоците кои се испраќаат. Доколку предвид се земе дека моментално во МЗЈ документирано околу 2800 поими и притоа не се дадени дефиниции за правилата и граматиката, треба да се овозможи системот да расте, да се креира и проширува преку креирање и додавање на нови поими и соодветни правила. Дополнително, за разлика од останатите знаковни јазици не постои соодветна нотација која е општоприфатена и во употреба.

Од наведените причини, во оваа фаза, системот се потпира на употреба на речник-базирана (*GLOSS*) нотација. Секој од зборовите кои се пренесени од клиентот кон серверот, подлежи на базична обработка од аспект на идентификување на видот на зборот и подлежи на базичен процес на **коренување** (*анг. stemming*) при што се извлекува коренот на зборот и соодветно во корелација на атрибутите на поимот се гради едноставна структура на секоја реченица. Со таа цел, искористена е NLTK [105] библиотеката за лингвистичка обработка, при што како речник е искористена `wf1-mk.txt` базата на зборови, креирана во состав на *MULTITEXT-East* проектот. Речникот се состои од 1 323 718 зборови, при што секој збор е претставен со неговата **лема (корен)** како и **морфосинтаксички опис (во форма на листа од атрибути)**. Листата на атрибути за секој збор следи однапред дефинирани правила. Така на пример, зборот **возам** е дефиниран како:

возам	вози	Vmip1s-----p
-------	------	--------------

што подразбира дека зборот **возам** (колона 1) како корен го има зборот **вози** (колона 2), додека листата на атрибути наведува дека **возам** е главен глагол (Verb - 'V', main - 'm'), со индикативна форма (indicative - 'i'), во сегашно време (present - 'p'), во прво лице еднина (person 1 singular - 'p1s'). Се разбира, за именките, придавките, заменките како и останатите видови на зборови е дефинирана друга структура. Деталниот опис на секој од атрибутите на фајлот е даден во [106].

Употребата на речникот е ограничена на работа со **GLOSS** нотацијата, односно служи само да се добие базична структура на реченицата при нејзино парсирање, во форма дефинирана во делот 3.4.1. Потребно е да се напомене дека избрана е *GLOSS* нотацијата поради поедноставување на проблемот на приказ на податоците. Евалуирани се и алтернативни методи за нотација, како **SignWriting** и **HamNoSys**, но поради обемноста, комплексноста и недостатокот од експерти, не се искористени во моменталната имплементација на системот.

Глава 6

Употреба и валидација на системот

*Sign language is the noblest gift
God has given to deaf people.*

*George William Veditz (1861 – 1937),
deaf teacher, ASL filmmaker*

6.1 Внесување на основни знаци и поими во системот

Со цел да се тестираат можностите на визуелизација на Македонскиот знаковен јазик, потребно е да се популира базата на податоци со корпус од знаци кои може да репрезентираат букви, бројки како и поими. Како еден предизвик при изработка на овој труд е дефинирање и употреба на дигитална библиотека со цел да се креира корпус на Македонскиот знаковен јазик. Со тоа би се создале доволно кој ќе овозможи да се валидира апликацијата како и нејзините можности.

Во рамките на изработката на овој труд беа разгледани и проценети опциите за флексибилност при внесување на нови знаци во системот. Од можностите кои се опишани во претходните поглавја, во рамките на апликацијата се имплементираат и разгледуваат различните опции за генерирање на корпусот.

Од сите наведени опции, вклучително со сите нивни предности и недостатоци, и имајќи во предвид дека системот е имплементиран како прототип, се пристапува кон дигитално креирање на знаковниот говор.

6.1.1 Анимација на основните знаци и внесување во системот

Како што е наведено претходно, еден од начините за креирање на корпусот е преку употреба на софтвер за 3Д анимација преку кој ќе се врши анимирање на однапред подготвените дигитални карактери.

За иницијални потребите на прототипот на системот, креирани се анимации од сите букви кои се присутни во Македонскиот знаковен јазик во програмскиот пакет Autodesk Maya.

Анимациите се креираат преку употреба на параметризација на основите карактеристики преку кои се репрезентираат. Генерално, знаците во МЗЈ може да се поделат во две основни групи според начинот на кој се „говораат“. Првата група на знаци се карактеризира со тоа што не е потребно движење за да се овозможи разбирлив приказ на поимот кој се говори. Во понатамошниот текст, таквите знаци (поими, говор) ќе се именуваат како *статични*. Во Македонскиот знаковен јазик голем дел од поимите се говорат со помош на статични знаци. Така на пример, од буквите во еднорачната азбука, само за говор на 4 букви од МЗЈ (Ѓ, Ј, Њ и Ќ) е потребно да се прави движење. За приказ на останатите 27 букви не е потребно движење, односно се репрезентираат со една позиција која е јасно дефинирана. Соодветно на тоа, за креирање на анимираните движења, потребно е да се дефинираат соодветни почетни и крајни позиции кои ќе служат како почетна и крајна точка за трансформација на дигиталниот аватар.

Имајќи во предвид дека се работи врз стандардизиран модел според однапред дефинирани параметри, креирањето на знаците се сведува на креирање на **клучни позиции** кои го дефинираат знакот. Според тоа, самиот знак се сведува на воочување и дефинирање на клучните движења кои овозможуваат да се изврши специфицираниот говор (буква, бројка, поим, итн.)

Кога се прикажува **статичен знак**, потребно е да се зачува само една позиција, односно соодветните трансформации кои ја ја опишуваат позицијата на телото. Во овој момент може да се дискутира за неколку пристапи при имплементација.

Првиот пристап е наједноставен и овозможува **директно** да се снимаат трансформациите кои се присутни во дадениот момент, односно да се овозможи директна репрезентација на ориентацијата и локацијата на зглобовите на дигиталниот карактер.

Табела 6.1: Пример сумаризиран запис на основни трансформации за даден поим

поим	зглоб	транслација (x, y, z)	ротација (x, y, z)
А (еднорачно)	десно рамо	(0,0,0)	(0,0,70)
	десен лакт	(0,0,0)	(0,0,90)

Наведениот начин на работа се специфицира со тоа што овозможува едноставен

приказ на трансформациите кои се креираат за соодветниот поим (знак, буква). Сосема е јасно дека секогаш трансформациите потребно е да се сведат на основните компоненти преку кои се врши трансформацијата, но тоа со себе поведува одредени ограничувања. Најпрвин, строго се дефинираат трансформациите на зглобовите кои го деформираат телото со помош на најпримитивните компоненти за трансформации. Тоа имплицитно подразбира дека вредностите за трансформациите се директно зависни од начинот на кој е изграден моделот, односно начинот на кој иницијално се поставени (локација, ориентација, хиерархија) зглобовите на моделот.

За разлика од статичните знаци, динамичките знаци се сведуваат на анимирање на движењето во соодветниот софтвер за 3Д анимација и експортирање на сите позиции, слично како и статичните знаци. Дополнително тука се воведува време за неутрална репрезентација на говорот

Втор проблем е начинот на извршување на трансформациите. Во претходната глава 5 се потенцираат различните начини на кои би се извршиле трансформациите (кинематика напред или инверзна кинематика), различните типови на трансформации кои се дозволени за приказ на ротација (Ојлерови агли или кватерниони). Со начин на чување на податоците опишан на табела 6.1, се ограничуваме на движење на зглобови со помош на само еден од наведените начини за движење.

Соодветно, доколку параметрите кои се присутни во базата на податоци се од типот кинематика напред, преку употреба на соодветниот Ојлеров пристап за ориентирање на зглобовите, тогаш имаме реално ограничување на начинот на кој се репрезентира трансформацијата.

Тоа само по себе не е пречка за да не се користат останатите методи, меѓутоа дополнително се врзуваат соодветните методи за трансформација со виртуелниот карактер и соодветните движења се зависни од вредностите и начинот на поставеност на контролите (риг) на виртуелниот карактер.

Од наведените причини може да се заклучи дека **вредностите кои се присутни во базата на податоци директно зависат од моделот кој треба да се прикаже на клиентот на апликацијата.**

Се разбира тоа е особина која идеално не би требало да е присутна во системот, па оттука треба да се цели кон креирање на систем за репрезентација на движењата на виртуелниот карактер кој ќе овозможи релативна независност во однос на карактерот кој ја врши визуелизацијата.

Тоа претставува сличен проблем како и кај нотацијата кај знаковните јазици. *SignWriting* и *HamNoSys* како најразвиени независни системи за нотација, овозможуваат репрезентација на одредени позиции и форми на екстремитетите и телото. *SignWriting* овозможува прилично дескриптивен запис за движењата и позициите, меѓутоа е гломазен со преку 600 симболи кои се комбинираат просторно со цел да се дефинира соодветниот поим. *HamNoSys* пак претставува релативно поедноставен

приод и иако е интернационално квалификуван систем и кој во себе ги содржи начин за запис и репрезентација на скоро сите форми кои раката може да направи.

Начинот кој е одбран за да се овозможи независноста е да се воведат **дополнително меѓу-ниво** кое идеално би овозможило независност на виртуелниот карактер од контролите на карактерот и од системот на запис за соодветниот знаковен јазик.

За таа намена се воведува **дефиниција на виртуелен карактер** преку кој ќе овозможува да се опише истиот како и можностите за соодветните движења кои ќе бидат направени. Според дефиницијата на виртуелниот карактер, ќе се овозможи абстракција на стандардните движења за секој зглоб односно движење.

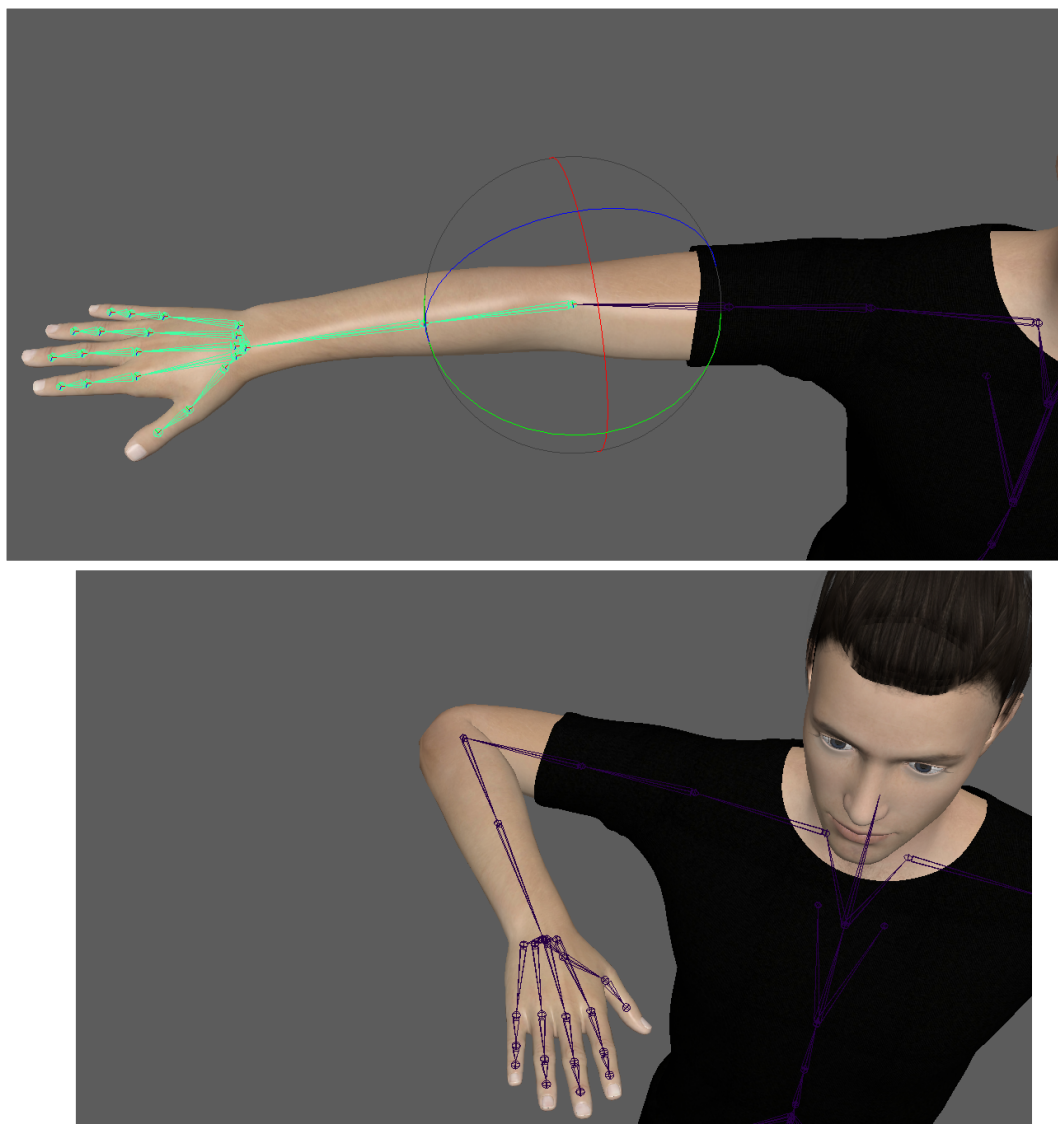
Ако на пример се земе лактот на десната рака, неговото движење е ограничено во даден распон: од целосно исправена рака до соодветно целосно свиткан лакт. Според начинот на поставување на контролите кај карактерот (во процесот на ригување), таа ротација е фиксна по некоја од оските за ротација (најчесто Y или Z-оската). Дијапазонот на ротација е зависен од неколку параметри, меѓу кои најважна особина е обликот и големината на мускулите на раката. За таа цел се воведува параметар `elbow_extended` и соодветен параметар `elbow_flexed` кој специфицира кој е степенот на ротација кој е дефиниран во виртуелниот карактер за соодветните параметри. Така за предложениот виртуелен карактер, тројката (x,y,z) ориентациите за `elbow_extended` се (0,0,0), додека за `elbow_flexed` се (0,0,136).

Процедурата е едноставна за зглоб кој има само еден степен на слобода (1DoF) како зглобот на лактот. За разлика од лактот, постојат зглобови како зглобот на раката кој има 2 степени на слобода (2DoF) и соодветно има 4 оски по кои може да се врши ротацијата, медицински дефинирани како: `extension (dorsiflexion)`, `flexion (palmar flexion)`, `radial deviation` и `ulnar deviation`, овозможувајќи соодветно: контракција кон лактот, екстензија кон дланката, ротација кон палецот и ротација кон малиот прст.

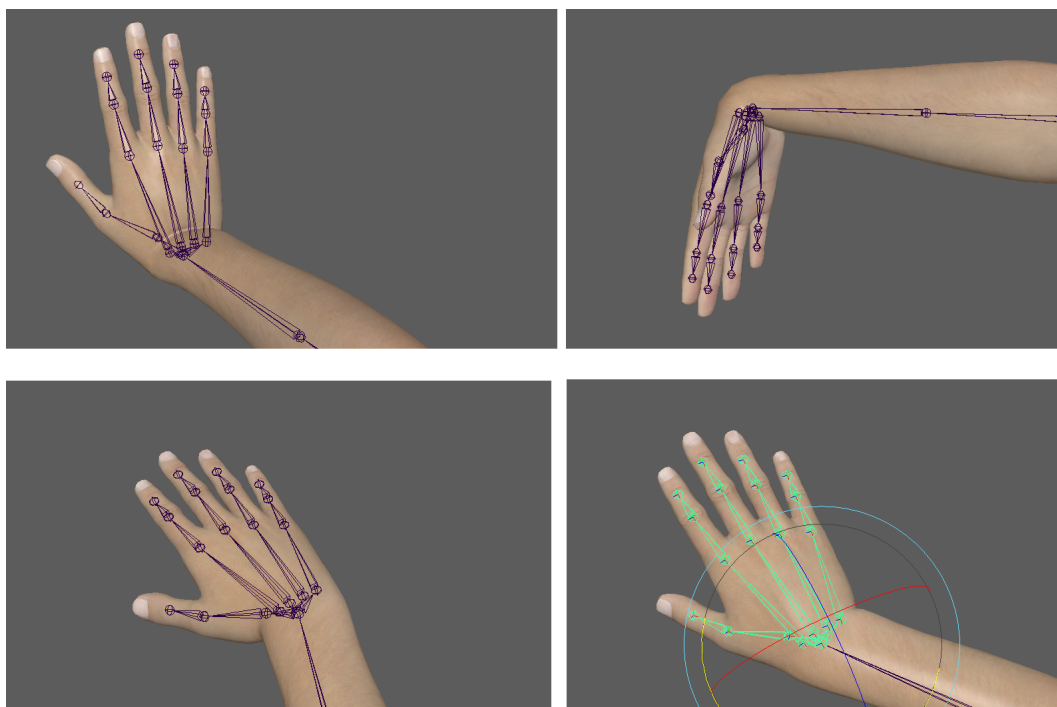
Со овој начин на работа се дефинира дијапазонот на сите зглобови кои се користат при визуелизација на знаковен јазик. Се разбира, овој процес опфаќа и дополнително останати можни позиции во кои може да се најдат различните зглобови на раката.

Притоа кај некои од зглобовите кај кои има повеќе степени на слобода како основата на палецот и рамото, пожелно е трансформациите да се претставуваат во форма на кватерниони наместо стандардните ојлерови агли. Со тоа се овозможува избегнување на стандардни недостатоци од математичка природа (т.н. *singularities*) кои се присутни при работа со ојлерови трансформации како *gimbal lock* и одредени проблеми при калкулација на трансформациите [107]. Се разбира, се овозможува на самиот артист за креирање на контроли соодветно да го постави типот на ротација кој ќе се користи.

По самата своја природа, дефиницијата на особеностите на карактерот е специфична за секој карактер и соодветно претставува мануелен процес кој во себе опфаќа



Слика 6.1: Позициите за параметрите `elbow_extended` (горе) и `elbow_flexed` (доле) за пример виртуелен карактер



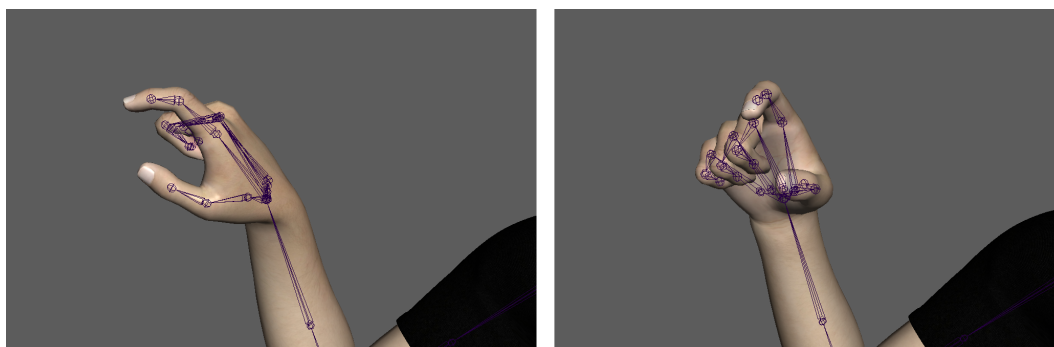
Слика 6.2: Позициите за параметрите *dorsiflexion* (горе лево), *palmar flexion* (горе десно), *radial deviation* (доле лево) и *ulnar deviation* (доле десно) за пример виртуелен карактер.

рачно креирање на трансформациите кои треба да се овозможат со цел успешно да се манипулира со контролите на карактерот.

Притоа, не е еднозначно определено дека секое карактеристично движење на даден дел од телото треба да се конструира со трансформација на само една контрола. Дополнително, во модерните реално-временски платформи е можно паралелно извршување на релативно едноставни трансформации, па оттука една од предностите на овој начин на абстракција е да се врши паралелна трансформација на повеќе контроли истовремено.

За разлика од статичните знаци, **динамичките знаци** се сведуваат на анимирање на движењето во соодветниот софтвер за 3Д анимација. Стандардно нивното анимирање, како што беше наведено претходно се изведува преку поставување на *екстремни* (анг. *extreme*) и останати клучни позиции кој начесто се нарекуваат *позиции на премин* (анг. *breakdown*). Доколку има потреба се поставуваат и останати меѓупозици (анг. *inbetween*), иако тие се ретка појава и со со себе најчесто не носат информации за трансформациите. Сите позиции кои се зачувани во рамките на софтверот за анимација се експортираат соодветно. Софтверите за анимација овозможуваат диференцирање на различните типови на клучни рамки и, доколку има потреба, да се овозможи приоритизација на зачуваните позиции.

Притоа, се користи истиот принцип како и кај статичните знаци, со тоа што дополнително се воведува време за искажување на говорот, односно пожелно време



Слика 6.3: Екстреми за говор на буквата ѓ.

за трансформација на целиот знак.

6.1.2 Пренесување на анимиран говор

Како дел од системот е имплементиран и посебен протокол за комуникација кој е задолжен за комуникација меѓу клиентот и серверот. Како што претходно беше наведено, покрај начин за репрезентација на аватарот, потребно е и да се воведува начин за пренос на податоците во дигиталната база на податоци на знаци.

Како последица од креирањето на меѓу-ниво за репрезентација на знаковниот јазик, постои потреба од дополнително прилагодување и соодветна манипулација на податоците во рамките на системот. Слично како репрезентацијата преку *HamNoSys* или *SignWriting*, се воведува *JavaScript Object Notation (JSON)* базирана нотација која ќе овозможи да се дефинираат позициите на раката врз основа на дефиницијата на виртуелниот карактер.

JSON нотацијата овозможува преку својата флексибилност да се пренесуваат само важните информации за зглобовите кои се од интерес. Во превод, доколку се прави еднорачно движење, доволно е само да се комуницираат контролите кои се подложни на промени, односно т.н. **нестатични канали**. Истовремено, поради својата неструктурирана природа (за разлика од XML базираните нотации), JSON овозможува полесна репрезентација на виртуелни модели кои го користат соодветно дефинираното меѓу-ниво за репрезентација на знаковниот говор.

Во рамките на програмскиот пакет *Autodesk Maya* е креирана алатка која овозможува да се дефинира виртуелниот карактер, односно креирана е Python поддржана алатка која овозможува да се дефинира виртуелниот карактер. Алатката која е креирана овозможува да се изврши дефиниција на виртуелниот карактер според методите опишани во 6.1.1. Алатката побарува од корисникот најпрвин да ги дефинира позициите за сите зглобови, во нивната минимална и максимална вредност. Откако ќе се направи тој чекор, овозможено е да се креира дефиниција на карактерот кој претставува JSON дескриптор кој во себе го содржи целосниот дијапазон на

движења кои се достапни на карактерот (Слика: 6.4).

```

"rHand":{
  "static_channels":{
    "r_hand_ctl":{
      "tx":-10.35,
      "ty":-10.56,
      "tz":3.69,
    }
  }
},
"flexion":{
  "min":{
    "r_hand_ctl":{
      "rx":0,
      "ry":0,
      "rz":64.8
    }
  },
  "max":{
    "r_hand_ctl":{
      "rx":0,
      "ry":0,
      "rz":-58.5
    }
  },
  default:{
    "r_hand_ctl":{
      "rx":0,
      "ry":0,
      "rz":0
    }
  }
},
"deviation":{
  "min":{
    "r_hand_ctl":{
      "rx":24.8,
      "ry":0,
      "rz":0
    }
  },
  "max":{
    "r_hand_ctl":{
      "rx":-27.1,
      "ry":0,
      "rz":0
    }
  },
  default:{
    "r_hand_ctl":{
      "rx":0,
      "ry":0,
      "rz":0
    }
  }
}

```

Слика 6.4: Пример дефиниција на можните движења на зглобот на десната рака

Понатаму, сите трансформации за така дефиниран виртуелен карактер се сведуваат на дефинирање на клучните позиции (екстреми, позиции на премин) за секој зглоб од интерес (Слика: 6.5)

```

"rHand":{
  "e1":{
    "flexion":61.4,
    "deviation":80.5
  },
  "e2":{
    "flexion":54.8,
    "deviation":76.3
  },
  "time": 0.4,
}

```

Слика 6.5: Екстреми за говор на буквата љ кај зглобот на десната рака. Трансформациите се изразени во проценти додека времето е изразено во секунди.

Ви сегментот 6.5 е прикажан дел од JSON датотеката каде се прикажува движењето на зглобот на десната рака (`rHand`) при изговор на динамички знак (буквата

Љ). Како трансформации се наведени 2 екстрими (e_1 и e_2) и за секој од екстремите е зададена ориентацијата на зглобот преку употреба на *flexion* и *deviation* параметрите. Вредноста на параметрите е изразена во проценти и за *flexion* е дефинирана како 0% за максимална вредност на *dorsiflexion* а 100% за максимална вредност на *palmar flexion*. Вредноста *time* го специфицира преферираното времетраење на анимацијата.

6.2 Визуелизација на буквите од МЗЈ

За визуелизација на говор на знаковен јазик потребено е да се овозможи реално-временска платформа која ќе овозможи пренесување на трансформациите врз соодветнио генерираниот модел. Пред се тука од особена важност е да се овозможи флуиден премин од еден во друг знак, задача која е од особен интерес за да се симулира реален знаковен говор.

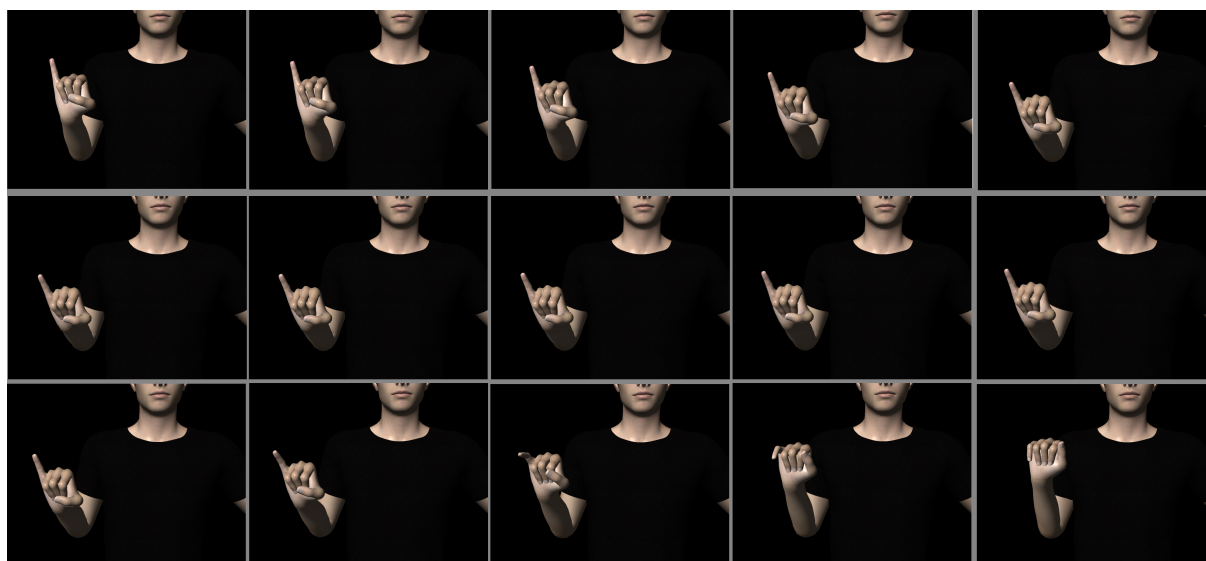
Еден начин за реализација е да се овозможи едноставен премин преку употреба на едноставна интерполација на вредностите од различните трансформации. Дополнително, зглобовите од карактерот кои имаат повеќе степени на слобода се особено подложни на деформации кои не се можни во реалниот свет. Тука пред се сè мисли на проблемите при анимација со *gimbal lock* и повеќекратните решенија во кој може да се најде еден систем кој се движи со помош на инверзна кинематика [108].

Од тие причини во системот се имплементирани неколку механизми. Првенствено, се препорачува, и доколку е назначено се имплементира ротација базирана на кватерниони за сите зглобови кои имаат 2 степени на слобода (пр. рака), односно задолжително се имплементира ротација преку кватерниони за зглобови кои имаат 3 степени на слобода. Системот, според дефиницијата на карактерот, пробува да ги ротира зглобовите со 3 степени на слобода (пр. рамо) со употреба на кватерниони.

Како втор механизам системот ги користи можностите за репрезентација на екстрими, позиции на премин и евентуалните меѓупозиции. Екстремите претставуваат позиции кои **мора** да се постигнат (визуелизираат) во текот на една визуелизација. Што се однесува за позициите на премин, тие не мора да се визуелизираат и генерално се визуелизираат доколку се наоѓаат помеѓу 2 екстрема за даден поим. Доколку позицијата на премин нема екстрем временски пред и после истата, таа се интерполира со почетната позиција на следниот односно претходниот поим кои се визуелизира. Позициите на премин особено доаѓаат до израз кога има различен приоритет на делови од рацете при изговор.

Така на пример, за изговор на секвенцата ја (буквата ј следена со буквата а), позицијата на лактот и рамото е релативно статична во однос на позицијата на раката, дланката и прстите, иако реално при изговор на буквата А генерално дланката (во предложената библиотека на знаци) е релативно поблиску до рамото во однос

на буквата ј (Слика 6.6).



Слика 6.6: Секвенца за изговор на буквите Ј и А

Имплементацијата е воведена на тој начин што трансформациите на рамото и лактот се зачувани во форма на позиции на премин (**breakdown**), следствено последователни позиции на премин овозможуваат да има релативно мало движење на лактот и рамото. Тоа значи дека за трансформациите на лактот и рамото се калкулира и интерполира почетната позиција на премин за буквата Ј и крајната позиција на премин за буквата А.

Во рамките на системот досега се имплементирани сите букви од македонскиот знаковен јазик, позначајните бројки и основните поимите кои се користат во секојдневната комуникација. Во моментот на изработка на оваа теза, во системот се внесени повеќе од 50 знаци (букви, бројки, поими) од македонскиот знаковен јазик кои се користат првенствено за тестирање на системот и квалитетот на визуелизација.

6.3 Валидација на системот

Прашањето на валидација на систем кој се состои од визуелизација на знаковен говор претставува предизвик сам по себе. Знаковниот говор, неговата визуелизација како и нејзиното разбирање претставува поле каде што квантитативна изразување на резултатите претставува субјективен процес. Моментално се врши валидација на говорот на рацете, додека анализа и валидација на изразите на лице и висемите (форма на устата) не е моментално предмет на валидација.

За валидација на системот е одбрано следново сценарио:

1. Најпрвин се да се креира знаковен говор аналоген на веќе постоечки говор од толкувач на македонскиот знаковен јазик. Имајќи ја таа цел, од говорител на

знаковен јазик, креирани се видео сегменти во кој се врши специфичен говор.

2. Одбрани видеа од истиот тој снимен знаковен говор се анализира понатаму и како мерка за достигнување на квалитетот, се анимира во софтвер за тродимензионална анимација (моментално се користи Autodesk Maya). Целта на овој процес е да се добие што е можно подобра верзија од говорот, креирана од артист-аниматор, кој водејќи се од негово претходно знаење и искуство, веродостојно ќе креира тродимензионална анимација која ќе претставува аналог на видео сегментот. Треба да се земе во предвид дека анимацијата не е реално-временска, односно се генерира мануелно во временски период подолг од времето за визуелизација на истиот. Намената на оваа цел е во почетниот период на развој на апликацијата, да се проучат можностите, предностите и недостатоците на виртуелниот карактер.
3. Истиот говор се креира и преку платформата за македонскиот знаковен јазик, преку реално-временска анимација со автоматско генерирање на знаковниот говор. За да се реализира овој чекор, потребно е сите знаци (поими, букви, бројки, итн) да се веќе внесени во системот. Откако ќе се изврши реално-временската визуелизација, се квалитативно се евалуира со помош на говорител на знаковен јазик.

Процесот на квалитативна валидација е макотрпен и долготраен. Извршени се иницијални тестирања од говорителот на иницијалното видео и квалитетот на визуелизацијата е оценет како „разбирлив“ и „задоволителен“.

Глава 7

Заклучок и понатамошна работа

*The handicap of deafness is not
in the ear; it is in the mind.*

Marlee Matlin (1965),
Deaf actress, author, activist

Во овој труд се разработува и презентира систем дизајниран за компјутерски базирани асистивни технологии за (првенствено) македонскиот знаковен јазик. Системот е повеќедисциплинарен и во себе ги опфаќа полињата на компјутерска графика, компјутерска анимација, интеракција човек-компјутер, дигиталното процесирање на сигнали и слики, асистивни технологии и дизајн на кориснички интерфејси.

Во трудот се разработува дизајн и се дискутира имплементација на систем за визуелизација на Македонски знаковен јазик. Притоа првенствено се разработуваат асистивните технологии, со посебен осврт на особините на оштетувањата на слухот и различните класи на асистивни уреди кои се применуваат. Во понатамошниот дел од трудот се прави осврт на знаковните јазици, нивната историја, лингвистичкото значење, примена и нотација. Исто така се презентира мотивацијата за изработка на овој труд, односно состојбата на Македонскиот знаковен јазик и неговата ограничена употреба, експонираност и документираност.

Во понатамошниот дел се врши презентација на употребата на компјутерските системи при работа со знаковните јазици. Тука првенствено се дефинираат три насоки за користење на компјутерски базирани системи за знаковните јазици: при влез и дигитализација на говорот, при излез односно визуелизација на говорот и употреба на техники кои се базираат на употреба на машинско учење за работа со знаковните јазици. Имајќи ја предвид обемноста на секоја од насоките, одлучено е насоката на овој труд да биде кон визуелизација на знаковните јазици, бидејќи тоа претставува полето кое има најголемо директно влијание во секојдневниот живот.

Клучниот дел од трудот се занимава со дискусија на предлог имплементацијата на системот за визуелизација на знаковниот јазик. Во истиот се прави дискусија за предложената архитектура, предностите и недостатоците на истата. Потоа се прави дискусија за имплементација на клиентската платформа, односно излезниот модалитет на системот. За таа цел се врши дискусија на проблемите со кои се соочуваме при креирање, текстурирање, креирање на контроли и анимација на виртуелен карактер, чија примарна цел е визуелизација на знаковниот говор. Се презентира предлог решение имплементирано преку употреба на различни системи за компјутерски-потпомогнат дизајн, компјутерска анимација и реално-временски системи за визуелизација. Дигиталниот аватар е прилагоден за да може да ги прикажува основните аспекти на знаковниот говор и е доволно флексибилен за да се употребува при понатамошно надградување на системот, односно креирање на дополнителни (секундарни) изрази (пр. емоции, суптилни движења) и е отворен кон рафинирање на постоечките движења и анимации во рамките на системот. Се дискутираат методите за анимација, проблемите при движењето на дигиталниот карактер.

Се дискутира и имплементација на серверската компонентата, и се дава предлог на REST базирана комуникација базирана на JSON нотацијата. Креирањето на новата нотација овозможува да се добие флексибилност при визуелизација на знаковниот јазик, и истовремено овозможува можности за понатамошно надградување.

Една од предностите на модулалниот пристап на системот е да се овозможи негов понатамошен развој, подобрување и проширување.

Библиографија

- [1] *Textbook of clinical pediatrics*. Springer, 2nd ed ed., 2012.
- [2] N. Pollard, J. Hodgins, M. J. Riley, and C. G. Atkeson, “Adapting human motion for the control of a humanoid robot,” vol. 2, 04 2002.
- [3] WHO, “Disabilities,” 2017.
- [4] W. B. World Health Organisation, *World report on disability*. World Health Organization, 2011.
- [5] W. H. Organization, *International Classification of Functioning, Disability and Health: ICF*. World Health Organization, 2001.
- [6] ATiA, “What is AT?,” 2015.
- [7] W. H. Organization *et al.*, *WHO global disability action plan 2014-2021: Better health for all people with disability*. World Health Organization, 2015.
- [8] C. C. Morton and W. E. Nance, “Newborn hearing screening - a silent revolution,” *New England Journal of Medicine*, vol. 354, no. 20, pp. 2151–2164, 2006.
- [9] N. Hilgert, R. J. Smith, and G. V. Camp, “Forty-six genes causing nonsyndromic hearing impairment: Which ones should be analyzed in dna diagnostics?,” *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, vol. 681, no. 2-3, pp. 189–196, 2009.
- [10] R. J. Smith, A. E. Shearer, M. S. Hildebrand, and G. Van Camp, “Deafness and hereditary hearing loss overview,” 2014.
- [11] A. A. of Otolaryngology and the American Council of Otolaryngology, “Guide for the evaluation of hearing handicap,” *JAMA*, vol. 241, no. 19, pp. 2055–2059, 1979.
- [12] A. A. of Otolaryngology, “Guide for the evaluation of hearing handicap,” *Otolaryngol Head Neck Surg*, vol. 87, pp. 539–551, 1979.
- [13] “IEC 60118-4:2014 Electroacoustics - Hearing aids - Part 4: Induction-loop systems for hearing aid purposes - System performance requirements.”
- [14] G. F. Simons and C. D. Fennig, “Ethnologue: Languages of the world,” *SIL International*, *Online version: <http://www.ethnologue.com>*, vol. 20, 2017.
- [15] B. Woll and P. Ladd, “Deaf communities,” *Oxford handbook of deaf studies, language, and education*, pp. 151–163, 2003.

- [16] C. M. de L'Épée, *Institution des sourds et muets: par la voie des signes méthodiques*. chez Nyon l'aîné, 1776.
- [17] A. Bébien, *Mimographie, ou Essai d'écriture mimique propre à régulariser le langage des sourds-muets*. L. Colas, 1825.
- [18] O. Schmaehl, "Samuel heinicke-and the education of the deaf.," *Volta Rev*, 1970.
- [19] J. C. Amman, *Surdus loquens*. apud J. Delbeek, 1740.
- [20] H. Dominic and W. Stiles, "Samuel heinicke,," Apr 2012.
- [21] E. M. Gallaudet, "The milan convention,," *American Annals of the Deaf*, vol. 26, no. 1, pp. 1–16, 1881.
- [22] D. F. Moores, "Partners in progress: The 21st international congress on education of the deaf and the repudiation of the 1880 congress of milan,," *American Annals of the Deaf*, vol. 155, p. 309–310, Oct 2010.
- [23] L. Bloomfield, "Language. 1933,," *Holt, New York*, 1962.
- [24] "International congress of the deaf (iced) july 18-22, 2010 vancouver, canada 2010,," Jul 2010.
- [25] W. C. Stokoe (Jr.), *Sign Language Structure: An Outline of the Visual Communication Systems of the American Deaf*. University of Buffalo, 1960. Google-Books-ID: XGCbPgAACAAJ.
- [26] W. S. D. Casterline and C. G. Croneberg, "A dictionary of american sign language on linguistic principles,," 1965.
- [27] U. Bellugi and E. S. Klima, "The signs of language,," *Psychological Science*, vol. 1, pp. 6–9, 1979.
- [28] N. Masataka, "Perception of motherese in a signed language by 6-month-old deaf infants.,," *Developmental psychology*, vol. 32, no. 5, p. 874, 1996.
- [29] M. Harris and H. Mohay, "Learning to look in the right place: A comparison of attentional behavior in deaf children with deaf and hearing mothers,," *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, vol. 2, no. 2, pp. 95–103, 1997.
- [30] L. A. Petitto and P. F. Marentette, "Babbling in the manual mode: Evidence for the ontogeny of language,," *Science*, vol. 251, no. 5000, p. 1493, 1991.
- [31] R. A. Gardner and B. T. Gardner, "Teaching sign language to a chimpanzee,," *Science*, vol. 165, no. 3894, pp. 664–672, 1969.
- [32] L. Acredolo and S. Goodwyn, "Symbolic gesturing in normal infants,," *Child Development*, vol. 59, pp. 450–466, Apr 1988.
- [33] S. W. Goodwyn and L. P. Acredolo, "Symbolic gesture versus word: Is there a modality advantage for onset of symbol use?,," *Child Development*, vol. 64, no. 3, p. 688, 1993.

- [34] S. W. Goodwyn, L. P. Acredolo, and C. A. Brown *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 24, no. 2, p. 81–103, 2000.
- [35] T. Behne, M. Carpenter, and M. Tomasello, “One-year-olds comprehend the communicative intentions behind gestures in a hiding game,” *Developmental Science*, vol. 8, p. 492–499, Nov 2005.
- [36] C. F. Hockett and C. D. Hockett, “The origin of speech,” *Scientific American*, vol. 203, no. 3, pp. 88–97, 1960.
- [37] C. Hockett, S. Altmann, and T. Sebeok, “Animal communication,” *Sebeok, TA (ed.)*, pp. 61–72, 1968.
- [38] C. M. Flood, *How do deaf and hard of hearing students experience learning to write using SignWriting, a way to read and write signs?* PhD thesis, University of New Mexico, 2002.
- [39] W. C. Stokoe, *Sign Language Structure*. Linstok Press, Inc, 1978.
- [40] M. Huenerfauth, M. Marcus, and M. Palmer, *Generating American Sign Language classifier predicates for English-to-ASL machine translation*. PhD thesis, University of Pennsylvania, 2006.
- [41] B. Comrie, M. Haspelmath, and B. Bickel, “Leipzig glossing rules,” *Ms, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology & University of Leipzig*. Available (May 2014) at www.eva.mpg.de/lingua/resources/glossingrules.php, 2008.
- [42] D. Aarons, *Aspects of the syntax of American Sign Language*. PhD thesis, Boston university Boston, MA, 1994.
- [43] M. Mandel, “Ascii-stokoe notation: A computer-writeable transliteration system for stokoe notation of american sign language,” *Unpublished manuscript*, 1993.
- [44] E. Thoutenhoofd, “The british sign language variant of stokoe notation: Report on a type-design project,” vol. 3, pp. 341–370, 03 2003.
- [45] T. Hanke, “Hamnosys-representing sign language data in language resources and language processing contexts,” in *LREC*, vol. 4, 2004.
- [46] J. Glauert and R. Elliott, “Extending the sigml notation—a progress report,” in *Second International Workshop on Sign Language Translation and Avatar Technology (SLTAT)*, vol. 23, 2011.
- [47] V. Sutton, “Sutton movement shorthand dance writing (cambridge, ma, the movement shorthand society press),” 1978.
- [48] V. Sutton, “Signwriting,” *Center for Movement Writing, La Jolla, CA*, 2009.
- [49] V. Sutton, *SignWriting basics*. SignWriting, 2009.
- [50] “Symbol archive for the international signwriting alphabet.” <http://www.movementwriting.org/symbolbank/>. Accessed: 2017-11-10.

- [51] “Who uses signwriting?.” <http://www.signwriting.org/about/who/>. Accessed: 2017-11-10.
- [52] D. Newkirk, *SignFont handbook*. Edmark Corporation, 1989.
- [53] “Don grushkin.” <https://www.youtube.com/user/DrDonGCSUS/videos>. Accessed: 2017-11-10.
- [54] “Aslwrite.” <http://www.aslwrite.com/>. Accessed: 2017-11-10.
- [55] “Slipa.” <http://dedalvs.conlang.org/slipa.html>. Accessed: 2017-11-10.
- [56] “Закон за употреба на знаковниот јазик, Службен весник на Република Македонија, бр.105, 21-08-2009.” достапно на: <http://www.slvesnik.com.mk/Issues/5D888FFC157875458C3F5CA01FC392FF.pdf>. pp: 13–18, accessed: 2017-11-10.
- [57] Вељановска Марина, “3Д мобилна и веб апликација - речник на знаковен јазик на македонски јазик,” 2015.
- [58] J. A. Bickford, *The signed languages of Eastern Europe*. SIL International Dallas, TX, 2005.
- [59] “Yugoslavian sign language.” <https://www.ethnologue.com/language/ysl>. Accessed: 2017-11-10.
- [60] S. K. Liddell and R. E. Johnson, “American sign language: The phonological base,” *Sign language studies*, vol. 64, no. 1, pp. 195–277, 1989.
- [61] D. J. Sturman, *Whole-hand input*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1992.
- [62] W. Gao, J. Ma, J. wu, and C. Wang, “Sign language recognition based on hmm/ann/dp,” vol. 14, pp. 587–602, 08 2000.
- [63] M. W. Kadous, *Machine recognition of Auslan signs using PowerGloves: Towards large-lexicon recognition of sign language*, vol. 165. 1996.
- [64] T. T. Swee, A. K. Ariff, S.-H. Salleh, S. K. Seng, and L. S. Huat, “Wireless data gloves malay sign language recognition system,” *2007 6th International Conference on Information, Communications and Signal Processing*, pp. 1–4, 2007.
- [65] F. Periverzov and H. T. Ilieş, “3d imaging for hand gesture recognition: Exploring the software-hardware interaction of current technologies,” *3D Research*, vol. 3, p. 1, Sep 2012.
- [66] Z. Zhang, “Microsoft kinect sensor and its effect,” *IEEE MultiMedia*, vol. 19, p. 4–10, Feb 2012.
- [67] “Kinect for Windows Sensor Components and Specifications.”
- [68] H. Sarbolandi, D. Lefloch, and A. Kolb, “Kinect range sensing: Structured-light versus time-of-flight kinect,” *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 139, p. 1–20, Oct 2015.

- [69] L. Keselman, J. I. Woodfill, A. Grunnet-Jepsen, and A. Bhowmik, *Intel(R) RealSense(TM) Stereoscopic Depth Cameras*, p. 1267–1276. Jul 2017.
- [70] F. Weichert, D. Bachmann, B. Rudak, and D. Fisseler, “Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller,” *Sensors*, vol. 13, p. 6380–6393, May 2013.
- [71] Z. Cai, J. Han, L. Liu, and L. Shao, “Rgb-d datasets using microsoft kinect or similar sensors: a survey,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 76, p. 4313–4355, Feb 2017.
- [72] J. Bulwer, *Chirologia: Or, The Natural Language of the Hand, and Chironomia: Or, The Art of Manual Rhetoric*. Southern Illinois University Press, 1974. Google-Books-ID: ulonAQAAIAAJ.
- [73] G. Austin, *Chironomia; or, A treatise on rhetorical delivery*. T. Cadell and W. Davies, 1806. Google-Books-ID: L14IAAAAQAAJ.
- [74] G. Verhulsdonck and J. F. Morie, “Virtual chironomia: Developing standards for non-verbal communication in virtual worlds,” *Journal For Virtual Worlds Research*, vol. 2, Sep 2009.
- [75] “Macedonian sign language alphabet,” 2013.
- [76] “Macedonian sign language - general terms,” 2013.
- [77] C. Steinback, “Carpi: A database for computer generated fingerspelling,” in *CSUN’S Sixteenth Annual International Conference Technology and Persons with Disabilities*, 2001.
- [78] L. J. Muir and I. E. Richardson, “Perception of sign language and its application to visual communications for deaf people,” *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, vol. 10, no. 4, pp. 390–401, 2005.
- [79] S. Kravevz and F. Solina, “Synthesis of the sign language of the deaf from the sign video clips,” 1999.
- [80] W. C. Stokoe, D. C. Casterline, and C. G. Croneberg, *A dictionary of American Sign Language on linguistic principles*. Linstok Press, 1976.
- [81] S. Wilcox, J. Scheibman, D. Wood, D. Cokely, and W. C. Stokoe, “Multimedia dictionary of american sign language,” in *Proceedings of the first annual ACM conference on Assistive technologies*, pp. 9–16, ACM, 1994.
- [82] J. Loomis, H. Poizner, U. Bellugi, A. Blakemore, and J. Hollerbach, “Computer graphic modeling of american sign language,” *SIGGRAPH Comput. Graph.*, vol. 17, pp. 105–114, July 1983.
- [83] R. Kennaway, *Synthetic Animation of Deaf Signing Gestures*, p. 146–157. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, Apr 2001.
- [84] I. Zwitterlood, M. Verlinden, J. Ros, and S. V. D. Schoot, *SYNTHETIC SIGNING FOR THE DEAF: eSIGN*.

- [85] A. B. Grieve-Smith, *SignSynth: A Sign Language Synthesis Application Using Web3D and Perl*, p. 134–145. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, Apr 2001.
- [86] R. Carey and G. Bell, *The Annotated VRML 2.0 Reference Manual*. Essex, UK, UK: Addison-Wesley Longman Ltd., 1997.
- [87] K. Karpouzis, G. Caridakis, S. E. Fotinea, and E. Efthimiou, “Educational resources and implementation of a greek sign language synthesis architecture,” *Computers & Education*, vol. 49, p. 54–74, Aug 2007.
- [88] “Gesture synthesis from sign language notation using mpeg-4 humanoid animation parameters and inverse kinematics,” *IET Conference Proceedings*, pp. v1:151–v1:151(1), January 2006.
- [89] I. S. Pandzic and R. Forchheimer, *MPEG-4 facial animation: the standard, implementation and applications*. John Wiley & Sons, 2003.
- [90] J. C. Wong, E.-J. Holden, N. Lowe, and R. A. Owens, “Real-time facial expressions in the auslan tuition system.,” in *Computer Graphics and Imaging*, pp. 7–12, 2003.
- [91] S. Yeates, E.-J. Holden, and R. Owens, “An animated auslan tuition system,” *Machine Graphics And Vision*, vol. 12, no. 2, pp. 203–214, 2003.
- [92] A. Falletto, P. Prinetto, and G. Tiotto, *An Avatar-Based Italian Sign Language Visualization System*, p. 154–160. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Springer Berlin Heidelberg, Jan 2009.
- [93] S. Cox, M. Lincoln, J. Tryggvason, M. Nakisa, M. Wells, M. Tutt, and S. Abbott, “Tessa, a system to aid communication with deaf people,” in *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies*, pp. 205–212, ACM, 2002.
- [94] R. huei Liang and M. Ouhyoung, “A sign language recognition system using hidden markov model and context sensitive search,” in *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 59–66, Hongkong, 1996.
- [95] M. Abadi, P. Barham, J. Chen, Z. Chen, A. Davis, J. Dean, M. Devin, S. Ghemawat, G. Irving, M. Isard, *et al.*, “Tensorflow: A system for large-scale machine learning.,” in *OSDI*, vol. 16, pp. 265–283, 2016.
- [96] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning,” *nature*, vol. 521, no. 7553, p. 436, 2015.
- [97] J. Schmidhuber, “Deep learning in neural networks: An overview,” *Neural networks*, vol. 61, pp. 85–117, 2015.
- [98] R. T. Fielding and R. N. Taylor, *Architectural styles and the design of network-based software architectures*, vol. 7. University of California, Irvine Doctoral dissertation, 2000.
- [99] A. Tinwell, *The uncanny valley in games and animation*. CRC Press, 2014.

- [100] V. Zatsiorsky and B. Prilutsky, *Biomechanics of skeletal muscles*. Human Kinetics, 2012.
- [101] L. Kavan, S. Collins, J. Žára, and C. O’Sullivan, “Skinning with dual quaternions,” in *Proceedings of the 2007 symposium on Interactive 3D graphics and games*, pp. 39–46, ACM, 2007.
- [102] A. Aristidou, J. Lasenby, Y. Chrysanthou, and A. Shamir, “Inverse kinematics techniques in computer graphics: A survey,” in *Computer Graphics Forum*, Wiley Online Library, 2017.
- [103] M. Barnes and E. L. Finch, “COLLADA – Digital Asset Schema Release 1.5.0 Specification,” p. 532, 2008.
- [104] “FBX | Adaptable File Formats for 3d Animation Software | Autodesk.”
- [105] S. Bird, E. Klein, and E. Loper, *Natural language processing with Python: analyzing text with the natural language toolkit*. "O’Reilly Media, Inc. 2009.
- [106] T. Erjavec, “Multext-east: morphosyntactic resources for central and eastern european languages,” *Language Resources and Evaluation*, vol. 46, pp. 131–142, Mar 2012.
- [107] J. Diebel, “Representing attitude: Euler angles, unit quaternions, and rotation vectors,” *Matrix*, vol. 58, no. 15-16, pp. 1–35, 2006.
- [108] D. DeMers and K. Kreutz-Delgado, “4 - inverse kinematics of dextrous manipulators,” in *Neural Systems for Robotics* (O. Omidvar and P. [van der Smagt], eds.), pp. 75 – 116, Boston: Academic Press, 1997.