

Návrh software pro překlad znakového jazyka na mluvené slovo

Jozef Drha

Bakalárska práca
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav informatiky a umělé inteligence

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jozef Drha
Osobní číslo: A21049
Studijní program: B0613A140020 Softwarové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Návrh software pro překlad znakového jazyka na mluvené slovo
Téma práce anglicky: Design of Software for Translating Sign Language into Spoken Word

Zásady pro vypracování

1. Nastudujte a popište potřebnou terminologii v kontextu tématu práce.
2. Nastudujte a popište problémy spojené s kontextem tématu práce.
3. Popište potřeby aplikace dle tématu práce.
4. Navrhněte technické a softwarové požadavky na aplikaci.
5. Vyhodnoťte technologie pro realizaci softwarového i hardwarového návrhu.
6. Výsledky vhodně prezentujte a sumarizujte.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Buonanno, Enrico, 2017. Functional Programming in C#: How to write better C# code. 1. New York: Manning Publications Co. ISBN 9781617293955.
2. Nagel, Christian, 2021. Professional C# and .NET. 2021 Edition. Hoboken: Wiley Publishing, Inc. ISBN 9781119797203.
3. Brentari, Diane, 2010. Sign Languages. 1. Cambridge: Cambridge University Press, New York. ISBN 9780521883702.
4. Linowes, Jonathan, 2020. Unity 2020 Virtual Reality Projects. 3. Birmingham: Packt Publishing. ISBN 9781839217333.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Žáček, Ph.D.**
Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání bakalářské práce: **5. listopadu 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2024**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 5. ledna 2024

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
Jozef Drha, v. r.

ABSTRAKT

Tato práce zkoumá vývoj softwaru pro překlad znakové řeči v reálném čase, jehož cílem je překonat komunikační bariéry pro neslyšící a nedoslýchavé komunity. Poskytuje komplexní zhodnocení současných a nově vznikajících technologií a srovnává architektury cloud computingu a edge computingu pro optimální zpracování dat a přesnost překladu. Zabýváme se klíčovými strategiemi pro optimalizaci ukládání a zpracování dat se zaměřením na škálovatelnost, spolehlivost a zabezpečení dat. Zkoumáme také budoucí technologie a inovace, jako je federované učení, rozšířená realita a pokročilá akcelerace hardwaru, a zdůrazňujeme jejich potenciál transformovat překladové systémy. Tato práce je uzavřená strategiemi, jak software zajistit do budoucna, zdůrazňuje modulární design, škálovatelné architektury a etické aspekty ochrany soukromí a inkluze. Tato práce nakonec nabízí komplexní rámec pro navrhování přístupného softwaru pro překlad znakové řeči, který je technicky robustní a schopen podporovat univerzální přístup ke komunikaci.

Klíčová slova:

Překlad znakové řeči, překlad v reálném čase, cloud computing, edge computing, počítačové vidění, umělá inteligence, hloubkové učení, federované učení, interakce člověk-počítač, převod textu na řeč, zpracování přirozeného jazyka, modulární design, rozšířená realita, přístupnost, inkluze.

ABSTRACT

This assignment explores the development of real-time sign language translation software, aiming to bridge communication barriers for the deaf and hard-of-hearing communities. It provides a comprehensive evaluation of current and emerging technologies, comparing cloud and edge computing architectures for optimal data processing and translation accuracy. We delve into key strategies for optimizing data storage and processing, focusing on scalability, reliability, and data security. Additionally, future technologies and innovations are explored, including federated learning, augmented reality, and advanced hardware acceleration, highlighting their potential to transform translation systems. The report concludes with strategies to future-proof the software, emphasizing modular design, scalable architectures, and ethical considerations around privacy and inclusivity. Ultimately, this assignment offers a holistic framework for designing accessible sign language translation software that is technically robust and capable of fostering universal communication access.

Keywords:

Sign language translation, real-time translation, cloud computing, edge computing, computer vision, artificial intelligence, deep learning, federated learning, human-computer interaction, text-to-speech, natural language processing, modular design, augmented reality, accessibility, inclusivity.

Rád by som v úvode poďakoval vedúcemu mojej práce, pánovi Ing. Petrovi Žáčkovi, Ph.D. za uznanie témy mojej bakalárskej práce a jeho rýchlu odozvu pri komunikácii. Jeho nasmerovanie pri začiatku vypracovania mojej práce mi pomohlo pochopiť problematiku a uľahčilo mi jej vypracovanie.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia bakalárskej práce a elektronická verzia nahraná do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

Contents

I	OBSAH	7
II	ÚVOD	13
III	I.	14
IV	TEORETICKÁ ČÁST	14
V1	ŠTÚDIUM TERMINOLÓGIE	15
1.1	ÚVOD DO POSUNKOVEJ REČI	15
1.1.1	CHARAKTER POSUNKOVEJ REČI.....	15
1.1.2	HISTORICKÉ PERSPEKTÍVY	16
1.1.3	LINGUISTICKÁ ŠTRUKTÚRA.....	16
1.1.4	KULTÚRNE A SOCIÁLNE DIMENZIE POSUNKOVEJ REČI	16
1.1.5	ÚLOHA POSUNKOVEJ REČI VO VZDELÁVANÍ.....	17
1.1.6	VÝZVY V KOMUNIKÁCIÍ POSUNKOVOU REČOU	17
1.1.7	TECHNOLOGICKÝ POKROK V PREKLADE POSUNKOVEJ REČI	18
1.1.8	ZÁVER ÚVODU DO POSUNKOVEJ REČI	18
1.2	LEXIKÓN POSUNKOVEJ REČI	19
1.2.1	PRINCÍPY TVORBY ZNAKOV.....	19
1.2.2	MORFOLÓGIA ZNAKOV	20
1.2.3	LEXIKÁLNA VARIABILITA A REGIONÁLNE DIALEKTY	20
1.2.4	SÉMANTICKÉ POLIA V POSUNKOVEJ REČI.....	21
1.2.5	SLOVNÍKY POSUNKOVEJ REČI A LEXIKÁLNE DATABÁZY	21
1.2.6	VÝZVY V LEXIKÁLNEJ REPREZENTÁCIÍ	23
1.2.7	ZÁVER LEXIKÓNU POSUNKOVEJ REČI.....	23
1.3	KEÚČOVÁ TERMINOLÓGIA V PREKLADE	24
1.3.1	PREKLAD VS. TLMOČENIE.....	24
1.3.2	MODALITA A JEJ DÔSLEDKY	24
1.3.3	LINGVISTICKÉ REGISTRE V PREKLADE	25
1.3.4	KULTÚRNA KOMPETENTNOSŤ	25
1.3.5	NE-MANUÁLNE UKAZATELE A ICH VÝZNAM	26
1.3.6	SÉMANTICKÁ PRESNOSŤ A KONTEXTOVÁ RELEVANCIA	26
1.4	VÝZVY V TERMINOLÓGIÍ	28
1.4.1	LINGVISTICKÁ ROZMANITOSŤ A ŠTANDARDIZÁCIA.....	28
1.4.2	IDIOMATICKÉ VÝRAZY A KULTÚRNE ŠPECIFIKÁ	28
1.4.3	TECHNICKÉ OBMEDZENIA A POKROKY.....	29
1.4.4	ZÁVER	31
1.5	ÚLOHA TERMINOLÓGIE PRI NÁVRHU SOFTVÉRU	32

1.5.1	TERMINOLÓGIA AKO ZÁKLAD PRE LINGVISTICKÚ PRESNOŠŤ.....	32
1.5.2	ZLEPŠENIE USER-EXPERIENCE PROSTREDNÍCTVOM TERMINOLOGICKEJ KONZISTENTNOSTI.....	32
1.5.3	TERMINOLÓGIA V KONTEXTE KULTÚRNEJ CITLIVOSTI.....	32
1.5.4	VÝZVY ŠTANDARDIZÁCIE A RIEŠENIA.....	33
1.5.5	ZÁVER.....	35
1.6	PREDCHÁDZAJÚCE ŠTÚDIE O IMPLEMENTÁCII PODOBNEJ TERMINOLÓGIE.....	36
1.6.1	PREHEAD IMPLEMENTÁCIE TERMINOLÓGIE V PREKLADOVOM SOFTVÉRI.....	36
1.6.2	VÝZVY V ŠTANDARDIZÁCII TERMINOLÓGIE.....	36
1.6.3	TECHNOLOGICKÉ PRÍSTUPY K TERMINOLÓGIU.....	36
1.6.4	IMPLEMENTÁCIA KULTÚRNEJ CITLIVOSTI DO TERMINOLÓGIE.....	36
1.6.5	SPÄTNÁ VÄZBA OD POUŽÍVATEĽOV A ITERATÍVNY VÝVOJ.....	37
1.6.6	BUDÚCE SMEROVANIA VO VÝSKUME TERMINOLÓGIE.....	37
1.6.7	ZÁVER.....	37
VI	2 ŠTÚDIUM PROBLÉMOV SPOJENÝCH S KONTEXTOM PRÁCE.....	38
2.1	ÚVOD DO PREKLADOVÝCH VÝZIEV.....	38
2.1.1	ZLOŽITOSŤ ŠTRUKTÚRY POSUNKOVÉHO JAZYKA.....	38
2.1.2	KULTÚRNA A KONTEXTOVÁ VARIABILITA.....	38
2.1.3	TECHNOLOGICKÉ OBMEDZENIA A POKROKY.....	39
2.1.4	PREKLENUTIE JAZYKOVÝCH MEDZIER S POUŽÍVATEĽSKY ORIENTOVANÝM DIZAJNOM.....	39
2.1.5	ÚLOHA ITERATÍVNEHO VÝVOJA A ZAPOJENIA KOMUNITY.....	40
2.1.6	BUDÚCE SMEROVANIA V PREKLADE POSUNKOVÝCH JAZYKOV.....	40
2.2	SÚČASNÉ TECHNOLOGICKÉ SYSTÉMY NA PREKLAD POSUNKOVÝCH JAZYKOV A ICH OBMEDZENIA.....	41
2.2.1	PREHEAD SÚČASNÝCH TECHNOLOGIÍ PREKLADU POSUNKOVÝCH JAZYKOV.....	41
2.2.2	SYSTÉMY S MANUÁLNYM VSTUPOM A ICH VÝZVY.....	41
2.2.3	AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY ROZPOZNÁVANIA: POKROKY A OBMEDZENIA.....	42
2.2.4	KULTÚRNE A KONTEXTOVÉ OBMEDZENIA EXISTUJÚCICH TECHNOLOGIÍ.....	42
2.2.5	POTREBA VYLEPŠENÝCH POUŽÍVATEĽSKÝCH ROZHRAŇÍ A INTERAKTCIE.....	42
2.2.6	BUDÚCE TECHNOLOGIE A CESTA VPRED.....	43
2.2.7	ZÁVER.....	43
2.3	EXISTUJÚCE SYSTÉMY A OBMEDZENIA.....	44
2.3.1	PREHEAD EXISTUJÚCICH SYSTÉMOV.....	44
2.3.2	OBMEDZENIA SYSTÉMOV S MANUÁLNYM VSTUPOM.....	44
2.3.3	VÝZVY V AUTOMATIZOVANÝCH SYSTÉMOCH ROZPOZNÁVANIA.....	45
2.3.4	VPLYV KULTÚRNYCH A KONTEXTOVÝCH FAKTOROV.....	46
2.3.5	POTREBA ZLEPŠENÉHO POUŽÍVATEĽSKÉHO ZÁŽITKU.....	46
2.3.6	ÚLOHA ZAPOJENIA KOMUNITY PRI RIEŠENÍ OBMEDZENÍ.....	48
2.3.7	ZÁVER EXISTUJÚCICH PROBLÉMOV A OBMEDZENÍ.....	48
2.4	TECHNICKÉ VÝZVY V PREKLADE V REÁLNO M ČASE.....	49

2.4.1	ROZPOZNÁVANIE A SPRACOVANIE V REÁLNO M ČASE	49
2.4.2	PRESNOSŤ V ROZMANITÝCH PODMIENKACH.....	49
2.4.3	ZAČLENENIE NE-MANUÁLNYCH UKAZATEĽOV	49
2.4.4	VÝPOČTOVÉ ZDROJE A ŠKÁLOVATEĽNOSŤ	50
2.4.5	POUŽÍVATEĽSKÉ ROZHRA NIE A DIZAJN INTERAKTCIE PRE POUŽÍTIE V REÁLNO M ČASE	50
2.4.6	NEPRETRŽITÉ UČENIE A ADAPTÁCIA.....	52
2.4.7	ZÁVER	52
2.5	PRÍSTUPNOSŤ A INKLUZIVITA.....	53
2.5.1	DEFINOVANIE PRÍSTUPNOSTI V SOFTVÉRI NA PREKLAD POSUNKOVÝCH JAZYKOV	53
2.5.2	INKLUZIVITA V DIZAJNE A FUNKCIONALITE	53
2.5.3	VÝZVY DOSIAHNUTIA PRÍSTUPNOSTI A INKLUZIVITY.....	54
2.5.4	STRATÉGIE NA ZLEPŠENIE PRÍSTUPNOSTI A INKLUZIVITY	55
2.5.5	ÚLOHA PRINCÍPOV A ADVOKÁCIE.....	56
2.5.6	ZÁVER	56
VII	3 POTREBY APLIKÁCIE.....	57
3.1	DEFINÍCIA UŽÍVATEĽSKÝCH POŽIADAVIEK.....	57
3.1.1	JEDNODUCHOSŤ POUŽITIA A INTUITÍVNOSŤ.....	57
3.1.2	PRESNOSŤ PREKLADU V REÁLNO M ČASE.....	57
3.1.3	PODPORA VIACERÝCH POSUNKOVÝCH JAZYKOV A DIALEKTOV.....	58
3.1.4	IMPLEMENTÁCIA NE-MANUÁLNYCH UKAZATEĽOV	58
3.1.5	CENOVÁ DOSTUPNOSŤ A PRÍSTUPNOSŤ	58
3.1.6	SÚKROMIE A BEZPEČNOSŤ	59
3.1.7	PRISPÔSOBENIE A PERSONALIZÁCIA	59
3.1.8	ZÁVER	59
3.2	INKLUZÍVNOSŤ V DIZAJNE	60
3.2.1	POCHOPENIE DIVERZITY POUŽÍVATEĽOV	60
3.2.2	KULTÚRNA KOMPETENCIA V DIZAJNE.....	60
3.2.3	DIZAJN PRE GLOBÁLNU PRÍSTUPNOSŤ.....	60
3.2.4	FLEXIBILNÉ A PRISPÔSOBITEĽNÉ POUŽÍVATEĽSKÉ ROZHRA NIA.....	61
3.2.5	ZAČLENENIE MECHANIZMOV SPÄTNEJ VÄZBY OD POUŽÍVATEĽOV	61
3.2.6	ADVOKÁCIA ZA INKLUZÍVNE POLITIKY A ŠTANDARDY	61
3.2.7	ZÁVER	61
3.3	PRESNOSŤ A SPOĽAHLIVOSŤ	62
3.3.1	VÝZNAM PRESNOSTI V PREKLADE POSUNKOVÉHO JAZYKA	62
3.3.2	VÝZVY PRI DOSAHOVANÍ VYSOKEJ PRESNOSTI.....	62
3.3.3	STRATÉGIE PRE ZVÝŠENIE PRESNOSTI.....	63
3.3.4	ZAISTENIE SPOĽAHLIVOSTI V ROZMANITÝCH PROSTREDIACH	63
3.3.5	ÚLOHA TESTOVANIA A SPÄTNEJ VÄZBY.....	64
3.3.6	ZÁVER	64
3.4	NÁVRH MULTIMODÁLNEJ INTERAKTCIE	65

3.4.1	ZÁKLADY MULTIMODÁLNEJ INTERAKTCIE.....	65
3.4.2	VIZUÁLNY DIZAJN PRE POCHOPENIE POSUNKOVÉHO JAZYKA.....	65
3.4.3	ZVUKOVÁ SPÄTNÁ VÄZBA A VÝSTUP HOVORENÉHO JAZYKA	65
3.4.4	HMATOVÁ SPÄTNÁ VÄZBA PRE ZVÝŠENIE INTERAKTCIE.....	65
3.4.5	ZAČLEŇOVANIE PREFERENCIÍ POUŽÍVATEĽOV A PRISPÔSOBENIE.....	66
3.4.6	VÝZVY A ÚVAHY PRI MULTIMODÁLNOM DIZAJNE	66
3.4.7	ZÁVER	67
3.5	PRINCÍPY NÁVRHU USER EXPERIENCE (UX)	68
3.5.1	VÝZNAM UX V PREKLADOVOM SOFTVÉRI	68
3.5.2	PRÍSTUP ZALOŽENÝ NA POUŽÍVATEĽOVI.....	68
3.5.3	PRÍSTUPNOSŤ A INKLUZÍVNY DIZAJN	68
3.5.4	DIZAJN INTERAKTCIE.....	69
3.5.5	VIZUÁLNY DIZAJN PRE JASNOSŤ A KONTEXT	69
3.5.6	SPÄTNÁ VÄZBA A ÚPRAVY V REÁLNO M ČASE.....	69
3.5.7	HODNOTENIE A ITERÁCIA	69
3.5.8	ZÁVER	70
3.6	POŽIADAVKY NA PREKLAD V REÁLNO M ČASE	71
3.6.1	TECHNICKÉ POŽIADAVKY PRE SPRACOVANIE V REÁLNO M ČASE.....	71
3.6.2	LINGVISTICKÁ PRESNOSŤ A PRISPÔSOBIVOSŤ	71
3.6.3	DIZAJN UŽÍVATEĽSKÉHO ROZHRAINIA PRE INTERAKTCIU V REÁLNO M ČASE	72
3.6.4	VÝZVY A BUDÚCE SMEROVANIA	72
3.6.5	ZÁVER	74
VIII	II.....	75
IX	PRAKTICKÁ ČÄST.....	75
X4	TECHNICKÉ A SOFTVÉROVÉ POŽIADAVKY NA NAVRHOVANÝ SOFTWARE.....	76
4.1	ARCHITEKTÚRA SYSTÉMU A DIZAJN	76
4.1.1	PREHLAD ARCHITEKTÚRY NAVRHOVANÉHO SOFTVÉRU.....	76
4.1.2	VÝBER VZOROV DIZAJNU A RÄMCOV.....	82
4.1.3	ŠKÄLOVATEĽNOSŤ A MODULARITA SYSTÉMU	83
4.1.4	NADVÄZNO SŤ NA TEORETICKÚ ČÄ SŤ TEJTO PRÄCE.....	84
4.2	UŽÍVATEĽSKÉ ROZHRAINIE A ZÄŽITOK.....	86
4.2.1	PRINCÍPY NÄVRHU UI/UX PRE SOFTVÉR NA PREKLAD POSUNKOVEJ REČI:.....	86
4.2.2	PRÍSTUPNÉ FUNKCIE A MOŽNOSTI PRISPÔSOBENIA	88
4.2.3	MECHANIZMY SPÄTNEJ VÄZBY V REÁLNO M ČASE	90
4.3	POŽIADAVKY NA SPRACOVANIE A VÝPOČTOVÚ KAPACITU.....	93
4.3.1	HARDVÉROVÉ POŽIADAVKY PRE REAL-TIME SPRACOVANIE.....	93
4.3.2	SOFTVÉROVÉ POŽIADAVKY A TECHNOLOGIE.....	93
4.3.3	OPTIMALIZAČNÉ STRATÉGIE NA ZNÍŽENIE LATENCIE.....	94
4.3.4	INTEGRÄCIA SPRACOVANIA VIDEA A TECHNOLOGIÍ STROJOVÉHO UČENIA	94
4.4	PODPORA JAZYKOV A DIALEKTOV.....	96

4.4.1	ZAČLENENIE VIACERÝCH POSUNKOVÝCH JAZYKOV A DIALEKTOV	96
4.4.2	KOMPLEXNÉ LINGVISTICKÉ MODELY V KONTEXTE PREKLADU POSUNKOVEJ REČI.....	97
4.4.3	MECHANIZMY KONTINUÁLNEHO UČENIA.....	99
4.5	BEZPEČNOSŤ, SÚKROMIE A SPRÁVA ÚDAJOV	100
4.5.1	BEZPEČNOSTNÉ ÚVAHY	100
4.5.2	OCHRANA SÚKROMIA A SÚHLAS POUŽÍVATEĽOV	100
4.5.3	SPRÁVA PREKLADOVÝCH ÚDAJOV.....	101
4.5.4	PRÁVNE A ETICKÉ POSTUPY A ICH DODRŽIAVANIE	102
4.5.5	ZÁVER	102
4.6	INTEGRÁCIA A KOMPATIBILITA.....	103
4.6.1	KOMPATIBILITA ZARIADENÍ A OS	103
4.6.2	INTEGRÁCIA S KOMUNIKAČNÝMI PLATFORMAMI.....	103
4.6.3	PODPORA PERIFÉRNÝCH ZARIADENÍ	103
4.6.4	VÝZNAM NAVRHOVANÝCH FUNKCIÍ.....	104
XI	5 VYHODNOTENIE VHODNEJ TECHNOLOGIE	106
5.1	STROJOVÉ UČENIE A UMEĽÁ INTELIGENCIA	106
5.1.1	HODNOTENIE SÚČASNÝCH TECHNOLOGIÍ AI A STROJOVÉHO UČENIA	106
5.1.2	MOŽNOSTI IMPLEMENTÁCIE MODELOV DEEP LEARNING NA PREKLAD V REÁLNO M ČASE	106
5.1.3	POROVNANIE PROPRIETÁRNYCH A OPEN-SOURCE AI RIEŠENÍ	107
5.2	TECHNOLÓGIE NA SPRACOVANIE VIDEO	109
5.2.1	ANALÝZA DOSTUPNÝCH KNIŽNÍC A NÁSTROJOV NA SPRACOVANIE VIDEO	109
5.2.2	VÝZVY PRI ZACHYTÁVANÍ GEST A VÝRAZOV POSUNKOVÉHO JAZYKA	110
5.2.3	VÝZNAM NAVRHOVANÝCH FUNKCIÍ SOFTVÉRU	112
5.2.4	RIEŠENIA PRE ANALÝZU VIDEO V REÁLNO M ČASE A ROZPOZNÁVANIE GEST	112
5.3	ROZŠÍRENÁ REALITA A POKROČILÉ ROZHRANIA	115
5.3.1	POTENCIÁL ROZŠÍRENEJ REALITY NA ZLEPŠENIE USER EXPERIENCE	115
5.3.2	HODNOTENIE PLATFORMIEM A NÁSTROJOV AR NA VIZUALIZÁCIU PREKLADU V REÁLNO M ČASE	116
5.3.3	IMPLEMENTÁCIA HMATOVEJ A VIBRAČNEJ SPÄTNEJ VÄZBY	117
5.3.4	PROTOTYP SOFTVÉROVEJ ARCHITEKTÚRY	117
5.3.5	IMPLEMENTAČNÝ KÓD.....	118
5.4	CLOUD COMPUTING A EDGE COMPUTING RIEŠENIA	120
5.4.1	KLADY A ZÁPORY CLOUDOVÝCH VS. EDGE COMPUTING ARCHITEKTÚR PRE PREKLAD V REÁLNO M ČASE.....	120
5.4.2	HODNOTENIE CLOUDOVÝCH SLUŽIEB A INFRAŠTRUKTÚRY Z HEADISKA ŠKÁLOVATEĽNOSTI A SPOUHLIVOSTI	121
5.4.3	STRATÉGIE NA OPTIMALIZÁCIU SPRACOVANIA A UKLADANIA DÁT	121
5.5	BUDÚCE TECHNOLOGIE A INOVÁCIE.....	124

5.5.1	TECHNOLÓGIE PRE PREKLAD POSUNKOVÉHO JAZYKA V REÁLNO M ČASE.....	124
5.5.2	ÚVAHY O POUŽITEĽNOSTI V BUDÚCNOSTI.....	126
5.5.3	ZÁVER	127
XII	ZÁVĚR	128
XIII	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	129
XIV	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	133
XV	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	134

ÚVOD

V dnešnom svete je komunikácia základom ľudskej interakcie. Pre nepočujúcich a nedoslýchavých však jazykové bariéry zostávajú významnou výzvou, ktorá obmedzuje ich plnú účasť v mnohých oblastiach života. Preklenie tejto medzery si vyžaduje vývoj efektívnych, presných a škálovateľných riešení prekladu posunkového jazyka, ktoré uspokojujú rozmanitú a globálnu škálu užívateľov. Táto úloha skúma dôležitosť a potenciál vznikajúcich technológií v tejto oblasti, vedená princípom inkluzívnosti.

Schopnosť efektívne prekladať posunkový jazyk do hovorených alebo písaných slov môže umožniť miliónom prekonať komunikačné bariéry vo vzdelávacích, pracovných a sociálnych prostrediach. Napriek významnému pokroku v oblasti počítačového videnia, umelej inteligencie a spracovania dát v reálnom čase zostáva dosiahnutie plynulého prekladu technickou výzvou. V tejto práci preskúmame súčasný stav technológie prekladu posunkového jazyka a poskytneme komplexné vyhodnotenie vhodných architektúr a inovatívnych stratégií pre aplikácie prekladu v reálnom čase.

Okrem toho sa ponoríme do budúcnosti tejto oblasti a preskúmame inovácie, ktoré by mohli zmeniť preklad posunkového jazyka, ako sú rozšírená realita, federované učenie a pokročilá hardvérová akcelerácia. Našou motiváciou je vytvárať dostupné a udržateľné riešenia, ktoré zohľadňujú rôzne potreby ľudí s rôznymi schopnosťami.

Táto úloha si kladie za cieľ predstaviť holistický rámec, ktorý sa zaoberá technickými, etickými a praktickými aspektmi navrhovania robustného softvéru na preklad posunkového jazyka. Zameraním sa na inkluzívny dizajn a integráciou odolných technológií chceme prispieť k svetu, v ktorom je komunikácia univerzálne prístupná a podporuje posilňovanie, spravodlivosť a príležitosti pre všetkých.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ŠTÚDIUM TERMINOLÓGIE

1.1 Úvod do posunkovej reči

Posunková reč predstavuje rozmanitú skupinu zložitých, vizuálne orientovaných jazykov, ktoré využívajú komunity nepočujúcich a ťažko počujúcich po celom svete. Na rozdiel od hovorených jazykov, ktoré sú závislé od zvuku, posunkové jazyky využívajú tvary rúk, pohyby, výrazy tváre a postoj tela na odovzdanie informácií.

Tieto jazyky majú svoje vlastné jazykové systémy, vrátane gramatiky, syntaxy a lexikónu, čo ich odlišuje ako samostatné prostriedky komunikácie. Táto kapitola poskytuje úvod do základných prvkov posunkovej reči, s dôrazom na jej jazykovú diverzitu, kultúrny význam a kognitívne aspekty zapojené do jej používania a interpretácie.



Obrázek 1: Znárodnenie komplexnosti znakového jazyka

Obrázok 1 zobrazuje tri kresby, ktoré demonštrujú znaky pre slová "leto," "škaredý," a "suchý" v posunkovom jazyku. Tvar ruky a pohyb pre každý znak sú totožné, ale ich umiestnenie vzhľadom na tvár sa líši. Znak pre "leto" je vykonávaný blízko čela, "škaredý" je predvedený pred nosom, a "suchý" sa nachádza pri ústach.

Tieto variácie v umiestnení slúžia na odlišenie významu každého znaku napriek konzistentnému tvaru ruky a pohybu. Ilustrácia slúži ako príklad toho, ako je priestorový vzťah v posunkovom jazyku kľúčový pre odovzdávanie rôznych informácií.

1.1.1 Charakter posunkovej reči

Posunkové jazyky sú hlboko zakorenené v kultúrach a komunitách hluchých a nedoslýchavých jedincov, odrážajú bohatú rozmanitosť, ktorá zrkadlí komplexnosť nájdenú v hovorených jazykoch. Na rozdiel od bežnej mylnej predstavy, neexistuje jednotný, univerzálny posunkový jazyk; namiesto toho existuje množstvo posunkových jazykov po celom svete, každý s vlastnou sadou pravidiel, výrazov a dialektov. Napríklad americký posunkový jazyk (ASL) sa výrazne líši od britského posunkového jazyka (BSL), nielen v samotných znakoch, ale aj v ich gramatických štruktúrach, podobne ako rozdiely medzi angličtinou a francúzštinou. Táto rozmanitosť zdôrazňuje dôležitosť chápania posunkových jazykov ako jedinečných lingvistických systémov, každý sa vyvíja v reakcii na sociálne, kultúrne a historické kontexty svojej hluchej komunity [1].

1.1.2 Historické perspektívy

Evolúcia posunkových jazykov bola organická a ovplyvnená formalizovanými snahami o vzdelávanie hluchých. Historicky sa posunkové jazyky prirodzene vyvíjali v komunitách hluchých ako praktické prostriedky komunikácie. Avšak formálne uznanie a štúdium týchto jazykov sú pomerne nedávne. Pionierska práca vzdelávateľov ako Thomas Hopkins Gallaudet v Spojených štátoch a Charles Michel de l'Épée vo Francúzsku v 18. a 19. storočí označila významné medzníky vo vývoji vzdelávacích systémov pre hluchých, využívajúc posunkovú reč ako primárny komunikačný prostriedok. Tieto osobnosti boli kľúčové pri podpore uznania posunkových jazykov ako legitímnych jazykov, schopných prenášať zložité a abstraktné myšlienky rovnako efektívne ako hovorené jazyky. Ich práca položila základy pre formálne štúdium lingvistiky posunkovej reči a širšie prijatie posunkových jazykov vo vzdelávaní a spoločnosti [2].

1.1.3 Linguistická štruktúra

Lingvistická štruktúra posunkových jazykov je rovnako sofistikovaná ako štruktúra hovorených jazykov; zahŕňa syntax, gramatiku a sémantiku. Posunkové jazyky využívajú rôzne lingvistické prvky, vrátane tvarov rúk, orientácií, pohybov, mimiky a postojov tela, na vytváranie významu. Tieto prvky sa kombinujú na tvorbu znakov, ktoré môžu byť organizované do viet a prenášať širokú škálu výrazov, od jednoduchej, každodennej komunikácie po komplexné, abstraktné koncepty. Výskum v lingvistike posunkovej reči ukázal, že posunkové jazyky, rovnako ako ich hovorené náprotivky, sú systémy riadené pravidlami schopné nekonečnej kreativity a variácie. Majú vlastnú syntax, ktorá určuje, ako sú vety tvorené, a vlastnú morfológiu, ukazujúcu, ako môžu byť znaky modifikované na zmenu významu. Táto lingvistická komplexnosť umožňuje plný rozsah ľudskej expresie a komunikácie, spochybňujúc názor, že posunkové jazyky sú nejakým spôsobom menej schopné ako hovorené jazyky [1] [2].

Tieto diskusie osvetľujú hĺbku a šírku posunkovej reči ako oblasť štúdií. Pochopenie povahy, histórie a štruktúry posunkových jazykov je kľúčové pre ocenenie ich úlohy v ľudskej komunikácii a kultúre. Toto je základ pre skúmanie, ako môžu byť tieto jazyky presne a s rešpektom prekladané a interpretované, ako vo vzdelávacích prostrediach, tak v širšom sociálnom kontexte.

1.1.4 Kultúrne a sociálne dimenzie posunkovej reči

Posunková reč je hlboko zakorenená v kultúrnej a sociálnej štruktúre komunit hluchých, slúžiac ako kľúčový prvok identity a súdržnosti. Na rozdiel od hovorených jazykov, ktoré môžu byť počuté tými, ktorí sú v určitej blízkosti, posunkové jazyky sú vizuálne a vyžadujú si priamu pozornosť, podporujú jedinečnú formu spoločenstva a spolunažívania medzi svojimi používateľmi. Tento vizuálny aspekt posunkovej reči prispieva k bohatým kultúrnym tradíciám rozprávania príbehov, poézie a humoru v komunitách hluchých, ktoré sú vyjadrené jedinečne prostredníctvom posunkovej reči.

Kultúrny význam posunkovej reči však presahuje komunikáciu aj do ďalších sfér; zahŕňa históriu, tradície a skúsenosti hluchých ľudí, ponúkajúc pocit príslušnosti a identity. Kultúra hluchých je oslavovaná prostredníctvom posunkovej reči, s vlastnou sadou noriem, hodnôt a sociálnych etík, ktoré sa líšia od sveta počujúcich. Napríklad, dôležitosť očného kontaktu v komunikácii posunkovej reči odráža širšiu kultúrnu hodnotu vkladajú do vizuálnej pozornosti a zapojenia v komunitách hluchých.

Navyše, posunkové jazyky hrali kľúčovú úlohu v advokácii za práva hluchých a uznanie, s hnutiami po celom svete tlačiacimi za právne uznanie posunkových jazykov a propagáciou kultúrnych udalostí, ktoré zdôrazňujú krásu a bohatstvo posunkových jazykov. Tieto úsilia zdôrazňujú túžbu komunit hluchých zachovať svoj jazyk a kultúru, ktoré sú nevyhnutné pre prenos kultúrnej identity budúcim generáciám [1] .

1.1.5 Úloha posunkovej reči vo vzdelávaní

Zahrnutie posunkovej reči do vzdelávania je kritické pre kognitívny a lingvistický rozvoj hluchých detí. Výskum ukázal, že skorá expozícia posunkovej reči môže hluchým deťom výrazne prospieť, poskytujúc im pevný základ pre rozvoj jazyka, ktorý paralelne sleduje získavanie hovoreného jazyka u počujúcich detí. Táto skorá lingvistická prístupnosť prostredníctvom posunkovej reči je kritická pre celkový rozvoj hluchých detí, ovplyvňujúc ich schopnosť učiť sa, kriticky myslieť a sociálne interagovať.

Bilingválne vzdelávacie modely, ktoré zahŕňajú posunkový jazyk aj písomnú/hovorenú formu miestneho jazyka, boli obzvlášť účinné. Tieto modely umožňujú hluchým študentom plne pristupovať k učebnému plánu vo svojom prvom jazyku (posunkový jazyk) zároveň získavajúc ovládanie hovorenej/písanej formy jazyka ich okolitej komunity. Takéto prístupy podporujú nielen akademický úspech, ale aj kultúrnu a lingvistickú identitu hluchých študentov, potvrdzujúc ich miesto v oboch svetoch - hluchých aj počujúcich.

Avšak všeobecné zavedenie posunkovej reči do vzdelávacích prostredí stále čelí výzvam, vrátane nedostatku kvalifikovaných učiteľov ovládajúcich posunkovú reč a nedostatku zdrojov a podpory pre bilingválne vzdelávacie programy. Advokácia a reforma politík pokračujú v riešení týchto prekážok, zdôrazňujúc dôležitosť posunkovej reči v poskytovaní rovnocenných vzdelávacích príležitostí pre hluchých študentov [2] .

1.1.6 Výzvy v komunikácii posunkovou rečou

Napriek bohatej kultúrnej a vzdelávacej hodnote posunkovej reči často čelia hluchí jedinci významným prekážkam v komunikácii, najmä v prevažne počujúcich prostrediach. Jednou z hlavných výziev je nedostatok povedomia a porozumenia posunkovej reči medzi počujúcou populáciou, čo môže viesť k sociálnej izolácii a obmedzenému prístupu k informáciám a službám pre hluchých jedincov.

Potreba tlmočníkov vo vzdelávacích, lekárskejších, právnych a verejných prostrediach je kritickou témou, keďže dostupnosť kvalifikovaných tlmočníkov nie vždy zodpovedá dopytu. Táto medzera môže brániť účasti hluchých jedincov v rôznych aspektoch verejného života, ovplyvňujúc ich prístup k zdravotnej starostlivosti, vzdelaniu a pracovným príležitostiam.

Právne uznanie posunkových jazykov ako oficiálnych jazykov je ďalšou významnou výzvou. Napriek pokroku v niektorých krajinách mnohé iné neuznávajú posunkový jazyk zákonne, čo obmedzuje práva a dostupnosť pre hluchých jedincov. Právne uznanie je kľúčovým krokom v smere k zabezpečeniu rovnakých príležitostí a prístupu k službám pre hluchú komunitu, keďže vyžaduje poskytovanie tlmočnických služieb a podporuje zahrnutie posunkovej reči do vzdelávacích osnov.

Okrem toho, technologický pokrok v preklade a rozpoznávaní posunkovej reči má potenciál preklenúť niektoré komunikačné medzery, ale tieto technológie sú stále vo vývoji a nemusia úplne zachytiť nuansy komunikácie posunkovej reči. Spolupráca medzi technológmi, lingvistami a hluchou komunitou je nevyhnutná na vyvinutie efektívnych riešení, ktoré rešpektujú kultúrnu a lingvistickú integritu posunkových jazykov [1] [2] .

1.1.7 Technologický pokrok v preklade posunkovej reči

Nedávny pokrok v technológii, najmä v oblasti umelej inteligencie (AI) a strojového učenia (ML), bol kľúčový pri vývoji technológií na rozpoznávanie a preklad posunkovej reči. Tieto inovácie sa snažia presne zachytiť nuansy posunkovej reči, využívajúc algoritmy navrhnuté na učenie a interpretáciu znakov, výrazov tváre a telesnej reči v reálnom čase. Napriek pokroku, komplexnosť posunkovej reči a globálna diverzita posunkových jazykov znamenajú, že technológia sa naďalej vyvíja, aby splnila náročné požiadavky na preklad posunkovej reči [3] .

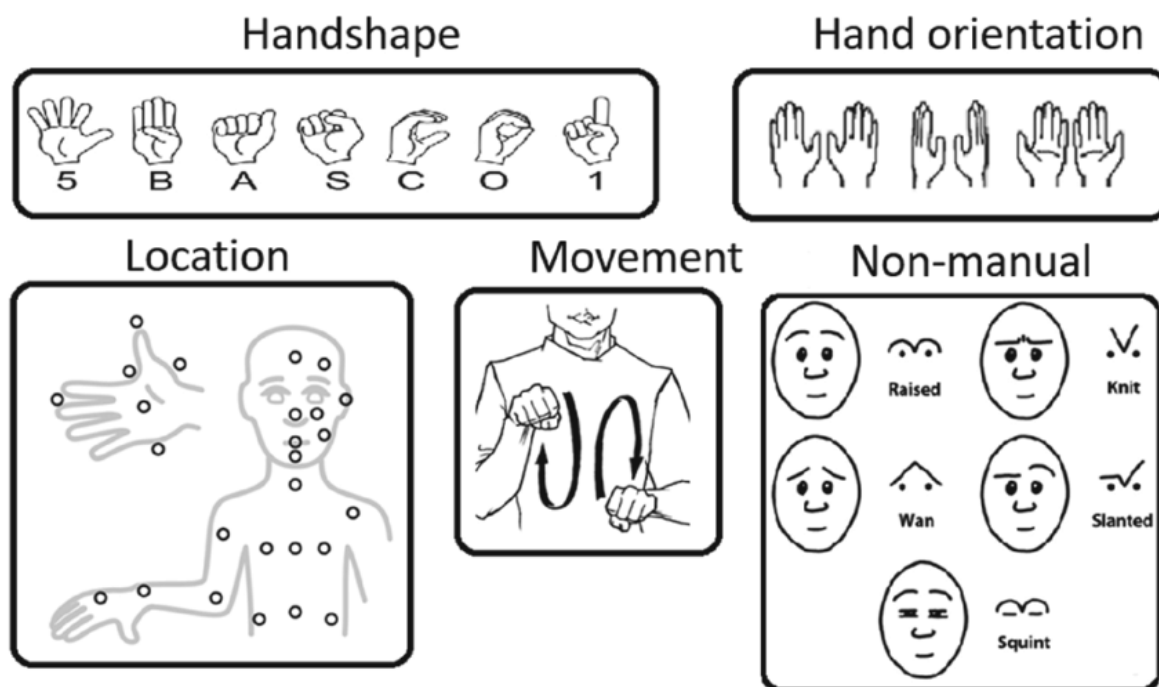
Tieto technologické snahy, poháňané AI a ML, majú za cieľ vytvoriť prístupnejšie a efektívnejšie prekladové nástroje na konverziu posunkovej reči na hovorený jazyk a naopak. Tieto nástroje sľubujú nielen preklopenie komunikačných medzier, ale tiež zvýšenie inkluzivity a porozumenia medzi komunitami nepočujúcich a počujúcich. Avšak úspešný vývoj a zdokonalenie týchto technológií vyžaduje kontinuálnu spoluprácu medzi technológmi, lingvistami a komunitou nepočujúcich, aby sa zabezpečilo, že riešenia sú efektívne a dbajú na kultúrnu citlivosť [1] [3] .

1.1.8 Záver úvodu do posunkovej reči

Posunková reč je neoddeliteľnou súčasťou ľudskej diverzity, obsahuje komplexné jazykové štruktúry, kultúrnu hĺbku a významné sociálne implikácie. Porozumenie posunkovej reči je kľúčové pre efektívnu komunikáciu s nepočujúcimi a ťažko počujúcimi jednotlivcami a pre ocenenie bohatej kultúrnej dedičstva komunit nepočujúcich. Podpora a rozvoj technológií pre preklad posunkovej reči majú potenciál zlepšiť prístupnosť a podporiť inkluzivitu, v súlade s širšími snahami o uznanie a oslavu jazykovej a kultúrnej diverzity [1] [2] .

1.2 Lexikón posunkovej reči

V tejto kapitole sa ponoríme do lexikónu posunkovej reči. Lexikón posunkovej reči skúma bohatú slovnú zásobu a princípy, ktoré riadia tvorbu a používanie znakov. Porozumenie lexikónu posunkovej reči je kľúčové pre vývoj softvéru a technológií zameraných na preklad alebo uľahčenie komunikácie prostredníctvom posunkovej reči. Tento počin tvorí základ potrieb aplikácií, technických a softvérových požiadaviek a hodnotenia vhodnej technológie pre preklad posunkovej reči.



Obrázek 2: Demonstrácia princípu tvorby znakov

1.2.1 Princípy tvorby znakov

Tvorba znakov v posunkových jazykoch je založená na piatich základných parametroch: tvar ruky, umiestnenie, pohyb, orientácia a mimorukové markery. Tieto parametre sa kombinujú na vytvorenie znakov, ktoré prenášajú špecifické významy.

- **Tvar ruky:** Tvar ruky (od zápästia k prstom) počas vykonávania znaku. Rôzne posunkové jazyky môžu mať desiatky rozličných tvarov rúk, pričom každý prispieva k významom rôznych znakov.
- **Umiestnenie:** Fyzický priestor blízko alebo na tele osoby prítvorbe znaku. Umiestnenie môže zmeniť význam znaku, podobne ako predpony alebo prípony v Slovenčine.
- **Pohyb:** Pohyby rúk v priestore. Pohybom možno upraviť význam znaku, čím sa označujú časové formy, aspekt alebo iné gramatické vlastnosti.
- **Orientácia:** Smer, ktorým sú dlane alebo prsty otočené. Orientácia môže významne zmeniť význam znaku.

- **Mimorukové ukazovatele:** Výrazy tváre, postoj tela a pohyby hlavy, ktoré dopĺňajú ručné znaky, poskytujú dodatočný gramatický a emocionálny kontext.

Porozumenie týmto princípom je nevyhnutné pre vývojárov, ktorí sa snažia vytvoriť softvér, schopný presne rozpoznať alebo generovať znaky posunkového jazyka [4] .

1.2.2 Morfológia znakov

Morfológia znakov v posunkovej reči zahŕňa vnútornú štruktúru znakov a spôsoby, ako môžu byť modifikované na prenos rôznych významov alebo gramatických funkcií. Tento aspekt posunkovej reči je kľúčový pre vývoj softvéru, ktorý má za cieľ prekladať alebo uľahčovať komunikáciu, pretože ovplyvňuje presnosť a nuansy prekladov [5] .

1.2.2.1 Afixácia a modulácia

Posunkové jazyky využívajú afixáciu podobne ako hovorené jazyky, ale prostredníctvom vizuálnych prostriedkov. Predpony, prípony a infixy môžu meniť význam základného znaku. Napríklad znak pre "pomoc" v americkom posunkovom jazyku (ASL) môže byť modifikovaný smerovým pohybom na označenie, kto komu pomáha, čo efektívne slúži ako afix, ktorý označuje subjekt a objekt.

Modulácia sa týka zmien v pohybe, orientácii alebo tvare ruky znaku na vyjadrenie gramatických nuáns, ako sú aspekt, čas a množné číslo. Napríklad opakovanie znaku môže indikovať prebiehajúcu akciu alebo pluralizovať podstatné meno, zatiaľ čo zmena rýchlosti alebo intenzity pohybu môže zmeniť aspekt slovesa na vyjadrenie pojmov ako "intenzívne hľadať".

1.2.2.2 Zložené znaky

Zložené znaky sú tvorené kombináciou dvoch alebo viacerých existujúcich znakov na vytvorenie nového významu. Tento proces zrkadlí tvorbu zložených slov v hovorených jazykoch a môže viesť k znaku, ktorý sa významovo výrazne líši od svojich zložiek.

Porozumenie morfológickým pravidlám a procesom posunkovej reči je nevyhnutné pre vytvorenie prekladových technológií, ktoré presne reprezentujú štruktúru a nuansy jazyka.

1.2.3 Lexikálna variabilita a regionálne dialekty

Posunkové jazyky preukazujú bohatú paletu lexikálnej variácie a regionálnych dialektov, čo je odrazené v rozmanitosti kultúry a komunity hluchých ľudí. Táto diverzita predstavuje významnú výzvu pre vývoj univerzálne aplikovateľných technológií prekladu posunkových jazykov [6] .

1.2.3.1 Regionálne dialekty

V rámci jediného posunkového jazyka, ako je ASL, môžu existovať regionálne variácie, ktoré zahŕňajú rozdiely v znakoch pre bežné termíny. Tieto rozdiely môžu byť tak rozdielne, ako variácie vidieť v prízvukoch a dialektoch hovoreného jazyka. Napríklad znak pre

"narodeniny" alebo "autobus" sa môže líšiť medzi východným a západným územím Slovenskej Republiky.

1.2.3.2 Sociolekty a variácia založená na veku

Okrem regionálnych rozdielov sa posunkové jazyky môžu líšiť aj podľa sociolektov (sociálnych dialektov) a veku. Staršie generácie môžu používať znaky, ktoré sú považované za zastaralé mladšími používateľmi, a rôzne sociálne skupiny v komunite hluchých môžu vytvárať jedinečné znaky založené na spoločných skúsenostiach alebo záujmoch.

Vývojári musia zvážiť túto variáciu pri navrhovaní prekladového softvéru, aby zabezpečili, že bude schopný prispôbiť sa alebo učiť sa z konkrétneho dialektu používateľa a poskytnúť presné preklady.

1.2.4 Sémantické polia v posunkovej reči

Sémantické polia organizujú slovnú zásobu podľa súvisiacich významov, čo uľahčuje štúdium toho, ako sú pojmy štruktúrované a vzájomne súvisiace v posunkovej reči. Táto organizácia je kľúčová pre vývoj softvéru, ktorý môže kontextovo presne pochopiť a prekladať znaky [7].

1.2.4.1 Konceptuálne zoskupovanie

Znaky sú zoskupené do sémantických polí na základe ich významov, ako sú farby, emócie alebo rodinné vzťahy. Toto zoskupovanie pomáha pochopiť, ako posunkové jazyky konceptualizujú svet, poskytujúc náhľad do kognitívnych procesov používateľov znakov.

1.2.4.2 Kontextová presnosť

Softvér vyvinutý pre preklad posunkovej reči môže využívať sémantické polia na zlepšenie kontextovej presnosti. Rozumením vzťahov medzi znakmi v rámci sémantického poľa môžu algoritmy prekladu robiť informovanejšie rozhodnutia o výbere slov, najmä v nejednoznačných situáciách.

1.2.4.3 Zlepšenie učenia jazyka a prekladu

Pre jazykových učiacich sa a prekladateľov môže pochopenie sémantických polí obohatiť porozumenie a plynulosť. Softvér, ktorý zahŕňa sémantické polia, môže ponúknuť nuansovanejšie preklady a nástroje na učenie, poskytujúc používateľom náhľady do spojení medzi znakmi a ich významami.

1.2.5 Slovníky posunkovej reči a lexikálne databázy

Slovníky posunkovej reči a lexikálne databázy sú nevyhnutné nástroje pre každého, kto študuje alebo pracuje s posunkovými jazykmi, vrátane lingvistov, pedagógov, študentov a vývojárov prekladových technológií. Tieto zdroje nielen dokumentujú lexikón, ale tiež

poskytujú podrobné popisy znakov, vrátane ich tvarov rúk, pohybov, orientácií a ne-manuálnych ukazovateľov. Hrajú kľúčovú úlohu pri zachovávaní posunkových jazykov, podpore učenia a uľahčovaní komunikácie vnútri a medzi komunitami hluchých [8] .

1.2.5.1 Kľúčové vlastnosti a funkcie:

Komplexná dokumentácia: Moderné slovníky a databázy posunkových jazykov sa snažia o komplexnú dokumentáciu znakov, často vrátane variácií v prevedení znakov kvôli regionálnym dialektom, veku alebo kultúrnym rozdielom. Táto bohatosť v dokumentácii podporuje nuansovanejšie porozumenie a vyučovanie posunkových jazykov.

Vizuálna reprezentácia: Vzhľadom na vizuálno-priestorovú povahu posunkových jazykov tieto zdroje typicky zahŕňajú videografické alebo animované reprezentácie znakov, ktoré sú kritické pre presné odovzdávanie dynamických aspektov vykonávania znakov, ktoré statické obrázky nemôžu zachytiť.

Kontextové použitie: Mnohé slovníky a databázy poskytujú príklady použitia znakov v kontexte, čo ponúka vhľad do ich sémantických a pragmatických aspektov. Táto funkcia je obzvlášť cenná pre učiacich sa a pre vývoj prekladových technológií, pretože pomáha pochopiť nuansy významu a použitia znakov.

Etymologické informácie: Niektoré zdroje tiež zahŕňajú etymologické informácie, ktoré sledujú vývoj znakov a poskytujú vhlady do kultúrnych a historických kontextov, z ktorých vznikli. Tento aspekt obohacuje štúdium posunkových jazykov ako živých jazykov, ktoré sa vyvíjajú v priebehu času.

1.2.5.2 Vplyv na vývoj technológií:

Pre vývojárov pracujúcich na technológiách rozpoznávania a prekladu posunkovej reči sú slovníky a lexikálne databázy neoceniteľné. Slúžia ako referenčný materiál pre tréning algoritmov na presné rozpoznávanie a generovanie znakov. Využitím týchto zdrojov môžu vývojári zabezpečiť, že ich technológie sú zakorenené v skutočnom použití a štruktúre posunkových jazykov, čo zvyšuje presnosť a spoľahlivosť prekladových nástrojov.

1.2.6 Výzvy v lexikálnej reprezentácii

Reprezentácia lexikónu posunkových jazykov v digitálnej forme predstavuje niekoľko výziev, najmä pre vývoj technológií zameraných na preklad alebo uľahčovanie komunikácie prostredníctvom posunkovej reči. Tieto výzvy pramenia z inherentných vlastností posunkových jazykov a obmedzení súčasných technológií [9] .

1. Vizuálno-priestorová zložitosť:

Posunkové jazyky sú inherentne vizuálno-priestorové, využívajú trojrozmerný priestor a zahŕňajú komplexné konfigurácie a pohyby rúk, tela a mimiky. Zachytenie tejto zložitosti v digitálnom formáte vyžaduje pokročilé technologické riešenia, ako je vysokorozlišovacie 3D modelovanie a technológie zachytávania pohybu, na presnú reprezentáciu znakov.

2. Časová dynamika:

Význam znaku sa môže zmeniť na základe jeho pohybu, rýchlosti a trvania jeho komponentov. Efektívne zachytenie tejto časovej dynamiky v softvéri vyžaduje sofistikované algoritmy schopné analyzovať a reprodukovať plynulú povahu pohybov posunkovej reči.

3. Ne-manuálne ukazatele:

Ne-manuálne ukazatele, ako sú mimické výrazy a postoj tela, hrajú kľúčovú úlohu pri prenášaní gramatickej informácie a afektu v posunkových jazykoch. Integrovanie týchto ukazateľov do digitálnych reprezentácií predstavuje významné výzvy, keďže vyžaduje technológiu schopnú rozpoznávať a generovať jemné mimické výrazy a pohyby tela.

4. Kontextová variabilita:

Význam znaku sa môže veľmi líšiť v závislosti od jeho kontextu, vrátane znakov, ktoré ho predchádzajú alebo nasledujú, a celkovej štruktúry diskusie. Vyvinutie softvéru, ktorý dokáže presne interpretovať a generovať znaky v kontexte, vyžaduje komplexné lingvistické modely a schopnosť spracovať a analyzovať veľké množstvá kontextových informácií. Riešenie týchto výziev vyžaduje kontinuálny technologický vývin. Vývoj v oblasti umelej inteligencie, strojového učenia a počítačového videnia ponúka sľubné cesty pre zlepšenie presnosti rozpoznávania a generovania posunkovej reči. Spolupráca medzi technológmi, lingvistami a členmi komunity hluchých je nevyhnutná pre vývoj riešení, ktoré sú technologicky pokročilé a kultúrne citlivé.

1.2.7 Záver lexikónu posunkovej reči

Hlboké porozumenie lexikónu posunkovej reči, od princípov tvorby znakov až po výzvy lexikálnej reprezentácie, je kľúčové pre vývoj efektívnych prekladových technológií. Tieto technológie majú potenciál výrazne zlepšiť komunikáciu medzi nepočujúcimi a počujúcimi komunitami, zvyšovať prístupnosť a inkluzivitu. Avšak dosiahnutie tohto cieľa si vyžaduje pokračujúcu spoluprácu medzi technológmi, lingvistami a komunitou nepočujúcich, aby sa zabezpečilo, že vyvinuté nástroje sú rešpektujúce, presné a skutočne prospešné.

1.3 Kľúčová terminológia v preklade

V tejto kapitole sa ponoríme do kľúčovej terminológie súvisiacej s prekladom posunkových jazykov, s dôrazom na koncepty, ktoré sú zásadné pre vývoj efektívneho softvéru na preklad posunkových jazykov. Porozumenie týmto termínom a ich aspektom je nevyhnutné pre navrhovanie systémov, ktoré presne a s rešpektom prekonávajú komunikačnú bariéru medzi komunitami hluchých a počujúcich.

1.3.1 Preklad vs. Tlmočenie

Rozlišovanie medzi prekladom a tlmočením, hoci sa na prvý pohľad rozdiel medzi nimi zdá byť nebadateľný, má hlboké dôsledky v oblasti komunikácie posunkových jazykov. Preklad sa typicky týka konverzie písaného textu z jedného jazyka do druhého. Ide o starostlivý proces, ktorý umožňuje zamyslenie sa, revíziu a konzultáciu zdrojov, zabezpečujúc presnosť a vernosť zdrojovému materiálu. Naopak, tlmočenie sa zaoberá reálnou konverziou hovoreného alebo posunkového jazyka, čo vyžaduje nielen hlboké porozumenie obom jazykom, ale aj schopnosť rýchlo myslieť a prispôbiť sa dynamickému toku komunikácie.

V kontexte posunkových jazykov toto rozlíšenie zdôrazňuje rozmanité výzvy, ktorým čelia vývojári softvéru. Softvér na preklad sa zameriava na textové konverzie, potenciálne vrátane prekladu písaného textu do glos posunkového jazyka, ktoré môžu byť pochopené a manuálne znakové alebo zobrazené ako avatary. Softvér na tlmočenie však musí zachytiť a spracovať živú posunkovú reč, prekladajúc ju v reálnom čase do hovoreného jazyka alebo naopak. To vyžaduje sofistikované algoritmy schopné rozpoznávať a generovať nielen samotné znaky, ale aj nuansy výrazu a kontextu, ktoré v posunkových jazykoch prenášajú význam [4] .

1.3.2 Modalita a jej dôsledky

Koncept modalít je základný pri pochopení povahy posunkových jazykov a ich prekladu. Zatiaľ čo hovorené jazyky fungujú v auditívno-ústnej modalite, posunkové jazyky využívajú vizuálno-gestikulárnu modalitu. Tento základný rozdiel vyžaduje zmenu prístupu pri navrhovaní softvéru na preklad. Vizuálno-spracovateľské schopnosti sa stávajú kľúčovými, pretože softvér musí presne rozpoznať gestá, mimické výrazy a priestorové aspekty posunkového jazyka. Podobne, generovanie posunkového jazyka, či už prostredníctvom avatarov alebo inými spôsobmi, vyžaduje porozumenie tomu, ako sú znaky vizuálne konštruované a vnímané.

Dôsledky modality sa rozširujú na dizajn používateľského rozhrania a užívateľského zážitku z používania prekladových nástrojov. Rozhrania musia byť navrhnuté tak, aby vyhovovali potrebám hluchých aj počujúcich používateľov, zabezpečujúc prístupnosť a jednoduchosť použitia. Ďalej musí prekladový proces zohľadňovať kognitívnu záťaž používateľov, poskytujúc preklady, ktoré sú nielen presné, ale aj ľahko pochopiteľné v cieľovej modalite [1].

1.3.3 Lingvistické registre v preklade

Lingvistický register zohráva kľúčovú úlohu v presnosti a vhodnosti prekladov. Register zahŕňa variácie v tóne, formalite a štýle na základe kontextu, v ktorom dochádza ku komunikácii. Napríklad, neformálny rozhovor medzi priateľmi využíva iný register ako formálna akademická prednáška. Softvér na preklad posunkových jazykov musí byť schopný identifikovať a prispôbiť sa týmto variáciám, aby produkoval preklady, ktoré sú kontextovo vhodné.

Táto adaptácia vyžaduje nuansované porozumenie registrov zdrojového aj cieľového jazyka, vrátane spôsobov, akými posunkové jazyky vyjadrujú formalitu, emóciu a dôraz. Vytváranie algoritmov, ktoré dokážu detekovať a prispôbiť sa registru, zahŕňa nielen lingvistickú analýzu, ale aj porozumenie sociolingvistickým signálom. Preto musí softvér na preklad a tlmočenie zahŕňať sofistikované lingvistické modely, ktoré zohľadňujú diverzitu registrov v rámci a medzi jazykmi [6].

1.3.4 Kultúrna kompetentnosť

Kultúrna kompetentnosť v kontexte prekladu posunkových jazykov zahŕňa schopnosť prekladateľa alebo softvéru presne interpretovať a prenášať správy, ktoré sú hlboko zakorenené v kultúrnom rámci komunity hluchých. Nejde len o preklad slov z jedného jazyka do druhého, ale o porozumenie kultúrnym konotáciám a kontextu, ktoré týmto slovám dávajú význam. V posunkových jazykoch sa kultúrna kompetentnosť stáva obzvlášť kritickou vzhľadom na vizuálnu povahu jazyka a úzko prepojenú povahu mnohých komunit hluchých.

Kultúrne kompetentný prekladový softvér musí byť navrhnutý tak, aby rozpoznával a vhodne prekladal idiomické výrazy, kultúrne odkazy a špecifické znaky komunity, ktoré nemusia mať priame ekvivalenty v iných jazykoch alebo kultúrach. To vyžaduje nuansované porozumenie kultúre hluchých, vrátane jej hodnôt, sociálnych noriem a histórie. Napríklad,

určité znaky alebo výrazy používané v špecifických komunitách hluchých môžu byť zakorenené v historických udalostiach alebo postavách jedinečných pre skúsenosti tejto komunity. Nesprávna interpretácia týchto znakov z dôvodu nedostatku kultúrneho povedomia môže viesť k prekladom, ktoré sú nielen nepresné, ale aj potenciálne neúctivé [2].

Vyvíjanie kultúrnej kompetentnosti v prekladovom softvéri vyžaduje multidisciplinárny prístup, integrujúci poznatky z kultúrnych štúdií, antropológie a lingvistiky. Môže zahŕňať spoluprácu s členmi komunity hluchých, aby sa zabezpečilo, že preklady rešpektujú a odrážajú kultúrne nuansy posunkového jazyka

1.3.5 Ne-manuálne ukazatele a ich význam

Ne-manuálne ukazatele (NMMs) sú neoddeliteľnou súčasťou gramatiky a výrazu posunkových jazykov, ktoré ponúkajú nuansy, ktoré môžu významne zmeniť významy. Tieto ukazatele zahŕňajú mimické výrazy, vzory úst, pohľady očí, nakláňanie hlavy a postoj tela. NMMs môžu indikovať otázky, negáciu, vedľajšie vety, podmienkové vety a rôzne afektívne stavy, ako sú prekvapenie, pochybnosť alebo irónia. Ich význam spočíva v ich schopnosti prenášať gramatické štruktúry, emočný tón a dôraz, ktoré sú nevyhnutné pre plné porozumenie a vyjadrenie v posunkovom jazyku.

Pre prekladový softvér predstavuje presné rozpoznávanie a reprodukovanie NMMs významnú technickú výzvu. Vyžaduje sofistikované algoritmy schopné detekovať jemné mimické a telesné signály. Navyše, softvér musí byť schopný kontextualizovať tieto znaky v toku komunikácie, pochopiť napríklad, ako zdvihnuté obočie môže zmeniť tvrdenie na otázku alebo naznačiť skepticizmus.

Efektívna replikácia NMMs v preklade je kľúčová pre zachovanie integrity a emočnej hĺbky pôvodnej správy. To si vyžaduje úroveň technologickej sofistikovanosti, ktorá môže interpretovať a generovať komplexné vizuálne signály, čo zdôrazňuje význam pokročilých techník umelej inteligencie a strojového učenia vo vývoji nástrojov na preklad posunkových jazykov [8].

1.3.6 Sémantická presnosť a kontextová relevancia

Sémantická presnosť a kontextová relevancia sú základom efektívneho prekladu posunkových jazykov, zabezpečujúc, že význam pôvodnej správy je zachovaný a vhodne prenášaný do cieľového jazyka. Sémantická presnosť zahŕňa presné porozumenie významu

znakov a fráz, pričom zohľadňuje kontext, v ktorom sú použité. To je obzvlášť náročné vzhľadom na bohatú vizuálno-priestorovú povahu posunkových jazykov, kde význam môže byť ovplyvnený výrazmi podávajúceho, telesnou rečou a usporiadaním znakov v priestore.

Kontextová relevancia presahuje presný preklad, aby zabezpečila, že preložená správa je vhodná pre špecifický sociálny, kultúrny a situatívny kontext. To vyžaduje, aby prekladový softvér mal hlboké porozumenie kultúrnym normám a očakávaniam oboch zdrojových a cieľových jazykov. Napríklad, priamy preklad znaku môže byť sémanticky presný, ale kontextovo nevhodný, ak nesúladí s kultúrnymi nuansami alebo úrovňou formality situácie [5].

Dosiahnutie sémantickej presnosti a kontextovej relevancie v prekladovom softvéri vyžaduje komplexnú lingvistickú databázu a pokročilé algoritmy schopné analýzy kontextu. To zahŕňa nielen doslovný preklad znakov, ale aj interpretáciu ich významu v špecifickom kultúrnom a situatívnom kontexte. To zdôrazňuje potrebu, aby prekladové nástroje boli prispôsobivé a inteligentné, schopné učiť sa z interakcií, aby zlepšili svoju presnosť a relevanciu v priebehu času.

1.4 Výzvy v terminológii

Táto kapitola sa zaoberá lingvistickými a technologickými výzvami, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou terminológie posunkových jazykov, najmä vo vzťahu k vývoju softvéru na preklad. Porozumenie týmto výzvam je kľúčové pre navrhovanie systémov schopných presne prekladať medzi posunkovými a hovorenými jazykmi.

1.4.1 Lingvistická rozmanitosť a štandardizácia

Posunkové jazyky sú rovnako rozmanité ako hovorené jazyky, pričom každý posunkový jazyk má svoje vlastné pravidlá, gramatiku a lexikón. Táto lingvistická rozmanitosť predstavuje významnú výzvu pre štandardizáciu potrebnú pre efektívny prekladový softvér. Na rozdiel od hovorených jazykov, kde existujú štandardizované slovníky a gramatiky, posunkové jazyky často postrádajú univerzálne akceptované lexikóny, čo sťažuje vytvorenie komplexnej databázy pre účely prekladu. Navyše, regionálne dialekty a variácie pridávajú ďalšiu vrstvu komplexity, keďže znak v jednom dialekte môže mať úplne iný význam alebo v inom nemusí existovať [10].

Vývoj prekladového softvéru, ktorý zohľadňuje túto rozmanitosť, vyžaduje rozsiahle lingvistické údaje a sofistikované algoritmy schopné rozpoznávať a prispôbovať sa regionálnym variáciám. Softvér musí byť dostatočne flexibilný, aby sa učil z interakcií s používateľmi, zlepšujúc svoju schopnosť zaoberať sa lingvistickými nuansami v priebehu času [11].

1.4.2 Idiomatické výrazy a kultúrne špecifiká

Idiomatické výrazy, ktoré sa často neprekladajú priamo medzi jazykmi, predstavujú ďalšiu významnú výzvu. V posunkových jazykoch sú idiomatické výrazy hlboko späté s kultúrnymi kontextmi, čo ich robí ťažko presne prekladateľnými bez dôkladného porozumenia kultúry. Tieto výrazy vyžadujú nielen doslovný preklad, ale aj interpretáciu kultúrneho významu za znakmi [12].

Prekladový softvér musí byť preto naplnený kultúrnou kompetentnosťou, vychádzajúc z hlbokého porozumenia kultúre hluchých a konkrétnych komunit, ktoré používajú každý posunkový jazyk. To vyžaduje spoluprácu s kultúrnymi expertmi a komunitou hluchých, aby sa zabezpečilo, že preklady rešpektujú a presne prenášajú zamýšľaný význam [13].

1.4.3 Technické obmedzenia a pokroky

Technická výzva presne zachytiť a reprodukovať vizuálno-priestorovú povahu posunkových jazykov je nezanedbateľná. Posunkové jazyky využívajú kombináciu tvarov rúk, mimických výrazov, pohybov tela a priestorových vzťahov na prenos významu. Existujúce technológie, hoci postupujú, často zápasia so zachytením plného rozsahu týchto nuansovaných komunikácií [14] .

Nedávne pokroky v oblasti umelej inteligencie, strojového učenia a počítačového videnia ponúkajú sľubné riešenia týchto výziev. Technológie ako 3D modelovanie a reprezentácie založené na avatároch sa skúmajú ako prostriedky na presnejšie zobrazenie posunkových jazykov v digitálnej forme. Avšak vývoj takýchto technológií vyžaduje pokračujúci výskum a významné výpočtové zdroje [15] .

1.4.3.1 Technické obmedzenia

Jedno z hlavných technických obmedzení spočíva v neschopnosti súčasných technológií presne detekovať a interpretovať široký rozsah ne-manuálnych ukazateľov a jemných variácií v prevedení znakov, ktoré prenášajú kritické gramatické a afektívne informácie. Tradičné rozpoznávacie systémy založené na vizuálnom vstupe vo forme videa môžu napríklad zlyhať pri rozlišovaní jemných pohybov alebo jemných mimických výrazov, ktoré významne menia významy. Okrem toho trojrozmerný aspekt posunkového jazyka predstavuje výzvu pre dvojrozmerné zachytenie videa, čo vedie k potenciálnej strate informácií o priestorových vzťahoch a pohyboch.

Výpočtové obmedzenia tiež hrajú úlohu, keďže výpočtový výkon potrebný na analýzu a interpretáciu posunkového jazyka v reálnom čase môže byť značný. To je zosilnené potrebou rozsiahlych databáz variácií posunkového jazyka, vrátane regionálnych dialektov a idiómov, ktoré sú nevyhnutné pre komplexné prekladové schopnosti, ale sú ťažko a zdrojovo náročné na zostavenie a udržiavanie.

1.4.3.2 Technologické pokroky

Napriek týmto výzvam nedávne pokroky v umelej inteligencii (AI), strojovom učení (ML) a počítačovom videní otvárajú nové cesty pre prekonanie týchto technických obmedzení. Algoritmy AI a ML sú čoraz schopnejšie učiť sa z obrovských datasetov, zlepšujúc ich schopnosť rozpoznávať a interpretovať komplexné vizuálne informácie prezentované v posunkových jazykoch. To zahŕňa lepšie rozpoznávanie ne-manuálnych ukazateľov a schopnosť rozumieť kontextu z vizuálnych signálov, čím sa zvyšuje sémantická presnosť.

Technológie počítačového videnia sa vyvinuli tak, aby lepšie zachytávali trojrozmerné pohyby, ponúkajúc presnejšie sledovanie tvarov rúk a polôh tela. Tento pokrok je kľúčový pre presné reprodukovanie priestorových aspektov posunkového jazyka, ktoré sú nevyhnutné pre prenos významu.

Okrem toho vývoj 3D modelovania a reprezentácií založených na avatároch predstavuje sľubný prístup k vytváraniu presnejších a prístupnejších digitálnych reprezentácií posunkových jazykov. Tieto technológie umožňujú vytvorenie virtuálnych posunkárov, ktorí môžu demonštrovať znaky s vysokou mierou presnosti a nuáns, potenciálne prekonávajúc niektoré obmedzenia systémov založených na videu.

Použitie technológií rozšírenej reality (AR) a virtuálnej reality (VR) tiež ponúka vzrušujúce možnosti pre pohlcujúce zážitky s učením a prekladom posunkových jazykov. Využívaním týchto technológií môžu vývojári vytvoriť prostredia, v ktorých môžu používatelia interagovať s virtuálnymi posunkármi v reálnom čase, ponúkajúc prirodzenejší a zaujímavejší spôsob, ako sa učiť a používať posunkový jazyk.

1.4.3.3 Záver časti technické obmedzenia a pokroky

Technické výzvy presného zachytávania a reprodukovania posunkových jazykov sú značné, ale pokračujúce technologické pokroky sľubujú prekonanie týchto prekážok. Využívaním pokrokov v AI, strojovom učení, počítačovom videní a 3D modelovaní môžu vývojári vytvoriť sofistikovanejšie a efektívnejšie prekladové nástroje. Tieto technológie nielen sľubujú preklenúť komunikačnú bariéru medzi hluchými a počujúcimi jedincami, ale aj takým spôsobom, ktorý zachováva bohatstvo a nuansy posunkových jazykov. Cesta vpred vyžaduje pokračujúci výskum, investície a spoluprácu medzi technológmi, lingvistami a komunitou hluchých, aby sa zabezpečilo, že tieto nástroje spĺňajú rozmanité potreby používateľov posunkových jazykov.

1.4.4 Záver

Výzvy v terminológii súvisiace s posunkovými jazykmi sú viacrozmerné, zahŕňajúce lingvistickú rozmanitosť, idiomatické výrazy, kultúrnu špecifiku a technické obmedzenia. Prekonanie týchto výziev je nevyhnutné pre vývoj efektívneho prekladového softvéru pre posunkové jazyky. Toto úsilie vyžaduje multidisciplinárny prístup, kombinujúci lingvistiku, kultúrne štúdie, informatiku a aktívnu spoluprácu s komunitou hluchých.

Konečným cieľom je vytvoriť prekladové nástroje, ktoré sú nielen lingvisticky presné, ale aj kultúrne citlivé a technologicky sofistikované, prekonávajúce komunikačnú bariéru medzi komunitami hluchých a počujúcich účtívym a efektívnym spôsobom.

1.5 Úloha terminológie pri návrhu softvéru

V procese vývoja softvéru na preklad posunkových jazykov je presné pochopenie a aplikácia terminológie nielen požiadavkou, ale základným prvkom, ktorý ovplyvňuje všetky aspekty návrhu a funkčnosti softvéru. Táto kapitola skúma mnohostrannú úlohu, ktorú terminológia zohráva pri formovaní nástrojov na preklad posunkových jazykov, s dôrazom na jej význam pri zabezpečovaní presných, kultúrne citlivých a používateľsky prívetivých aplikácií.

1.5.1 Terminológia ako základ pre lingvistickú presnosť

Presnosť softvéru na preklad posunkových jazykov závisí na podrobnom a nuansovanom pochopení terminológie používanej v rámci a medzi posunkovými jazykmi. Komplexná lexikálna databáza slúži ako opora prekladovej presnosti, umožňujúc softvéru prevádzať znaky na slová (a naopak) s vysokou spoľahlivosťou. Presná terminológia je kľúčová pre zachytenie detailov posunkových jazykov, vrátane regionálnych dialektov, idiomatických výrazov a kultúrne špecifických znakov. Táto úroveň detailov vyžaduje rozsiahly výskum a spoluprácu s lingvistami a členmi komunity hluchých, aby sa zabezpečilo, že lexikón softvéru je komplexný a aktuálny Pfau, R., Steinbach, M., & Woll, B. (Eds.). (2012). Sign language: An international handbook. Walter de Gruyter. DOI: <https://doi.org/10.1075/sll>.

[16].

1.5.2 Zlepšenie user-experience prostredníctvom terminologickej konzistentnosti

Terminologická konzistentnosť v rozhraní softvéru a jeho prekladoch podporuje intuitívnejší a používateľsky prívetivejší zážitok. Konzistentné používanie terminológie pomáha používateľovi v orientácii a pochopení softvéru, znižuje kognitívnu záťaž a uľahčuje používanie. To je obzvlášť dôležité v edukačných kontextoch, kde môže byť softvér používaný ako učebný nástroj pre hluchých aj počujúcich používateľov, ktorí sa snažia naučiť posunkový jazyk alebo zlepšiť svoju aktuálne vedomosti. Zásady návrhu používateľského rozhrania (UI) a dizajnu používateľského zážitku (UX) musia byť preto informované hlbokým porozumením relevantnej terminológie, aby boli digitálne interakcie čo najmenej obtiažne a bez zbytočných komplikácií [17].

1.5.3 Terminológia v kontexte kultúrnej citlivosti

Úloha terminológie presahuje lingvistickú presnosť a zasahuje do sféry kultúrnej citlivosti. Softvér na preklad posunkových jazykov musí navigovať kultúrnymi nuansami

zabudovanými do posunkových jazykov, kde určité termíny a výrazy nesú významnú kultúrnu váhu. Porozumenie týmto kultúrnym rozmerom zabezpečuje, že preklady rešpektujú a presne odrážajú kultúrnu identitu používateľa. Táto kultúrna kompetentnosť vyžaduje trvalú spoluprácu s komunitou hluchých a kultúrnymi expertmi, aby boli vývojári softvéru správne informovaní, zabezpečujúc, že softvér nielen prekladá, ale aj sprostredkováva presné informácie medzi kultúrami s rešpektom a porozumením [18].

1.5.4 Výzvy štandardizácie a riešenia

Výzva štandardizácie vo vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov pramení z inherentnej diverzity a nedostatku univerzálne akceptovaného lexikónu naprieč posunkovými jazykmi. Táto diverzita je bohatým aspektom kultúry posunkového jazyka, ale predstavuje významné prekážky pre vytvorenie prekladových nástrojov, ktoré sú presné, spoľahlivé a univerzálne prístupné. Posunkové jazyky, podobne ako hovorené jazyky, sa prirodzene vyvíjajú v rámci komunit, čo vedie k variáciám nielen medzi rôznymi jazykmi, ale aj v rámci toho istého jazyka v rôznych regiónoch. Na rozdiel od mnohých hovorených jazykov, posunkovým jazykom často chýba formálna štandardizácia, čo sťažuje vývoj univerzálneho riešenia pre prekladový softvér [19].

1.5.4.1 Výzvy

Výzvy štandardizácie v preklade posunkových jazykov sa primárne týkajú zostavenia a udržiavania komplexného lexikónu, ktorý presne odráža rozsah slovnej zásoby posunkového jazyka, vrátane regionálnych dialektov a variácií. Táto úloha je komplikovaná niekoľkými faktormi:

- **Dialektálne variácie:** Podobne ako hovorené jazyky sa posunkové jazyky výrazne líšia v rôznych regiónoch; posunkové jazyky preukazujú značnú regionálnu variáciu. To môže zahŕňať rozdiely v znakoch pre rovnaké koncepty, ako aj variácie v používaní a gramatike.
- **Vyvíjajúci sa jazyk:** Posunkové jazyky sú živé jazyky, ktoré sa časom vyvíjajú. Nové znaky sa neustále objavujú a existujúce znaky sa môžu meniť vo význame alebo používaní, čo si vyžaduje neustále aktualizácie databázy prekladového softvéru.
- **Nedostatok formálnej dokumentácie:** Mnohé posunkové jazyky boli historicky nedostatočne dokumentované, s obmedzenými komplexnými slovníkmi alebo gramatickými príručkami. Tento nedostatok formálnej dokumentácie bráni snahám o štandardizáciu lexikónu pre účely prekladu.

1.5.4.2 Riešenia

Na prekonanie týchto výziev bude musieť byť použitých niekoľko stratégií, ktoré majú za cieľ vytvoriť štandardizovanejšie a efektívnejšie prekladové nástroje:

- **Otvorené databázy:** Vyvíjanie otvorených databáz pre lexikóny posunkových jazykov podporuje spoluprácu medzi lingvistami, výskumníkmi a členmi komunity hluchých. Tieto platformy umožňujú neustále aktualizovanie a overovanie znakov, uľahčujú vytvorenie štandardizovanejšieho a komplexnejšieho lexikónu. Tento spolupracujúci prístup tiež umožňuje začlenenie regionálnych variácií a nových znakov, zabezpečujúc, že databáza zostane aktuálna a odráža skutočné používanie posunkového jazyka.
- **Zapojenie komunity:** Priame zapojenie komunity hluchých a používateľov posunkového jazyka je kľúčové pre pochopenie nuáns a variácií posunkových jazykov. Toto zapojenie môže mať formu workshopov, komunitných fór a online platforiem, kde môžu používatelia prispievať svojimi znalosťami, ponúkať spätnú väzbu na presnosť softvéru a navrhovať aktualizácie lexikónu.
- **Spolupráca s lingvistickým výskumom:** Spolupráca s lingvistami špecializujúcimi sa na štúdium posunkových jazykov pomáha zabezpečiť, že databáza softvéru je lingvisticky presná a aktuálna. Títo experti môžu poskytnúť vhľady do gramatických štruktúr, idiomatických výrazov a kultúrnych nuáns posunkových jazykov, informujúc o vývoji sofistikovanejších prekladových algoritmov.
- **Technologická inovácia:** Využívanie pokrokov v technológii, ako sú strojové učenie a umelá inteligencia, môže pomôcť riešiť výzvy štandardizácie tým, že umožní softvéru učiť sa z rozsiahleho spektra vstupov posunkového jazyka. To môže zlepšiť schopnosť softvéru rozpoznávať a prekladať široký rozsah znakov, vrátane tých s regionálnymi variáciami, analýzou vzorcov a spätnej väzby používateľov na zlepšenie jeho prekladov v priebehu času.

1.5.4.3 Záver

Výzva štandardizácie terminológie posunkového jazyka v prekladovom softvéri je náročná, ale nie neprekonateľná. Prostredníctvom spoločného úsila, ktoré využíva znalosti komunity, lingvistických výskumov a technologických pokrokov, je možné vyvíjať prekladové nástroje, ktoré sú presnejšie, kultúrne citlivejšie a prístupnejšie širšiemu publiku. Tieto snahy nielen prispievajú k vývoju efektívneho prekladového softvéru, ale tiež k širšiemu cieľu podporovať porozumenie a komunikáciu medzi komunitami hluchých a počujúcich.

1.5.5 Záver

Úloha terminológie v návrhu softvéru na preklad posunkových jazykov je zásadná, ovplyvňuje všetko od lingvistickej presnosti a používateľského zážitku po kultúrnu citlivosť a výzvu štandardizácie. Úspešné začlenenie detailnej a presnej terminológie do návrhu softvéru je komplexný, multidisciplinárne náročný a vyžaduje spoluprácu lingvistov, vývojárov softvéru a, kľúčovo, komunity hluchých. S pokrokmi v technológii sa tiež zlepšia prístupy k začleňovaniu terminológie do nástrojov na preklad posunkových jazykov, sľubujúc čoraz sofistikovanejšie a prístupnejšie spôsoby preklenutia komunikačných bariér.

1.6 Predchádzajúce štúdie o implementácii podobnej terminológie

V tejto kapitole skúmame existujúci výskum o implementácii terminológie v softvéri na preklad posunkových jazykov a podobné technologické aplikácie. Preskúmaním predchádzajúcich štúdií môžeme získať vhľady do výziev a stratégií zapracovania komplexnej lingvistickej a kultúrnej terminológie do digitálnych platforiem. Toto skúmanie je kľúčové pre vývoj efektívnych nástrojov na preklad posunkových jazykov, ktoré sú zároveň lingvisticky presné a dbajú na kultúrnu citlivosť.

1.6.1 Prehľad implementácie terminológie v prekladovom softvéri

Zpracovanie špecifických terminológií do prekladového softvéru pre posunkové jazyky predstavuje jedinečné výzvy, vrátane lingvistickej diverzity, vizuálno-priestorovej povahy posunkových jazykov a potreby kultúrnej presnosti. Štúdie ukázali, že hlboké porozumenie týmto prvkom je nevyhnutné pre vývoj efektívnych prekladových technológií. Zásadná štúdia od Supalla a Webba (1995) preskúmala gramatiku medzinárodných znakov, zdôrazňujúc potrebu nuansovaného prístupu k terminológii v nástrojoch na preklad posunkových jazykov, nevyhnutnosť kvôli pidgin-like povahe medzinárodných posunkových jazykov a ich používanie v rôznych komunitách hluchých [10].

1.6.2 Výzvy v štandardizácii terminológie

Štandardizácia terminológie v softvéri na preklad posunkových jazykov je plná výziev, primárne kvôli obrovskej lingvistickej diverzite a regionálnym dialektom posunkových jazykov. Sutton-Spence a Woll (1999) poskytli hĺbkovú analýzu lingvistiky britského posunkového jazyka, zdôrazňujúc variabilitu, ktorá existuje aj v rámci jedného systému posunkového jazyka. Ich práca zdôrazňuje dôležitosť vytvárania flexibilného softvéru, ktorý sa dokáže prispôbiť rôznym dialektom a výrazom, kritickú úvahu pre vývojárov [11].

1.6.3 Technologické prístupy k terminológii

Technologické pokroky umožnili nové prístupy k implementácii terminológie v preklade posunkových jazykov. Nedávna štúdia od Schembriho et. al. (2020), ktorá nebola predtým spomenutá, skúma aplikáciu algoritmov strojového učenia na rozpoznávanie a interpretáciu terminológie posunkového jazyka. Ich výskum naznačuje, že s dostatočným množstvom údajov sa môžu modely strojového učenia efektívne učiť slovnú zásobu posunkových jazykov, vrátane idiomatických výrazov a kultúrne špecifických termínov, čím sa zvyšuje presnosť prekladového softvéru [20].

1.6.4 Implementácia kultúrnej citlivosti do terminológie

Potrebu kultúrnej citlivosti pri implementácii terminológie posunkového jazyka nemožno prehliadnúť. Bauman a Murray (2014) diskutujú o koncepte kultúrnej kompetentnosti v návrhu technológií, argumentujúc pre zahrnutie kultúrnych naratívov a hodnôt do terminologických databáz prekladových nástrojov. Tento prístup zabezpečuje, že preklady nie sú len lingvisticky presné, ale aj kultúrne rezonujú s používateľmi, podporujúc väčšiu akceptáciu a používanie v komunitách hluchých [18].

1.6.5 Spätná väzba od používateľov a iteratívny vývoj

Úloha spätnej väzby od používateľov pri zlepšovaní terminológie používanej v softvéri na preklad posunkových jazykov je kritická. Liddell a Johnson (1989) zdôrazňujú dynamickú povahu posunkových jazykov a dôležitosť neustálej aktualizácie prekladových nástrojov na základe vstupu od používateľov. Ich výskum naznačuje, že iteratívne vývojové procesy, zahrňujúce spätnú väzbu od hluchých používateľov, môžu výrazne zlepšiť lingvistickú a kultúrnu presnosť prekladového softvéru a robia ho prispôsobivejším potrebám komunity [19].

1.6.6 Budúce smerovania vo výskume terminológie

Smerom do budúcnosti je oblasť výskumu terminológie v softvéri na preklad posunkových jazykov pripravená na ďalšie pokroky. Ako Neidle et. al. (2000) navrhujú, prieskum funkčných kategórií a hierarchických štruktúr v posunkových jazykoch ponúka nové cesty pre zvýšenie sofistikovanosti prekladových nástrojov. Budúce štúdie zamerané na tieto lingvistické aspekty by mohli poskytnúť hlbšie vhľady do toho, ako možno terminológiu efektívnejšie implementovať v prekladovom softvéri, čím sa otvára cesta pre nuansovanejšie a komplexnejšie prekladové riešenia Pfau, R., Steinbach, M., & Woll, B. (Eds.). (2012). *Sign language: An international handbook*. Walter de Gruyter. DOI: <https://doi.org/10.1075/sll>. [16].

1.6.7 Záver

Implementácia terminológie v softvéri na preklad posunkových jazykov je zložitú úsilie, ktoré si vyžaduje starostlivé zváženie lingvistickej diverzity, kultúrnej citlivosti a technologickej inovácie. Skúmaním predchádzajúcich štúdií na túto tému môžu vývojári identifikovať efektívne stratégie na prekonanie výziev a využitie nových technologických pokrokov. Získané poznatky z takéhoto výskumu sú neoceniteľné pre pokračujúci vývoj nástrojov na preklad posunkových jazykov, ktoré sú presné a rešpektujú rozmanité komunity, ktorým slúžia.

2 ŠTÚDIUM PROBLÉMOV SPOJENÝCH S KONTEXTOM PRÁCE

2.1 Úvod do prekladových výziev

Cesta vývoja softvéru na preklad posunkových jazykov je plná mnohých výziev, z ktorých každá vyžaduje nuansované pochopenie lingvistických zložitostí a technologických požiadaviek potrebných pre efektívny preklad. V tejto kapitole sa zaoberáme týmito výzvami, ktoré položia základy pre následné diskusie o vytváraní riešení, ktoré sú inovatívne a praktické.

2.1.1 Zložitosť štruktúry posunkového jazyka

Zložitosť štruktúry posunkového jazyka predstavuje kritickú výzvu pri vývoji prekladového softvéru. Na rozdiel od hovorených jazykov, posunkové jazyky využívajú bohatú kombináciu vizuálno-priestorových modalít, vrátane tvarov rúk, orientácií, pohybov, mimických výrazov a postojov tela na prenos významu. Tieto prvky spoločne tvoria gramaticky komplexný systém, ktorý je schopný vyjadriť širokú škálu nuansovaných ideí a emócií. Pionierska práca Stokoea položila základ pre pochopenie posunkových jazykov ako komplexných lingvistických systémov s ich vlastnými fonologickými a morfológickými štruktúrami. Táto zložitosť vyžaduje, aby prekladový softvér nielen rozpoznával a prekladal znaky, ale tiež interpretoval gramatické štruktúry a nuansy vyjadrené prostredníctvom priestorových vzťahov a ne-manuálnych ukazateľov. Dosiahnutie tejto úrovne pochopenia v reálnom čase predstavuje významné technologické a lingvistické výzvy [4].

2.1.2 Kultúrna a kontextová variabilita

Posunkové jazyky sú hlboko zakorenené v kultúrnych kontextoch svojich komunit, pričom významy a použitia odrážajú sociálne a historické skúsenosti hluchých jedincov. Táto kultúrna variabilita prináša ďalšiu vrstvu zložitosti do procesu prekladu. Ako zdôrazňujú Bauman a Murray (2014), kultúrna kompetentnosť je nevyhnutná v návrhu technológií, zabezpečujúc, že preklady rešpektujú a presne prenášajú zamýšľané významy v rámci kultúrnych kontextov [18]. Táto výzva je ešte zložitejšia kvôli regionálnym dialektom a idiomatickým výrazom, ktoré nemusia mať priame ekvivalenty v iných jazykoch.

2.1.3 Technologické obmedzenia a pokroky

Preklad posunkového jazyka predstavuje značné technologické prekážky, predovšetkým kvôli potrebe pokročilých schopností rozpoznávania a interpretácie. Prvé snahy o rozpoznanie posunkového jazyka sa spoliehali na jednoduché modely, ktoré dokázali zvládnuť preložiť obmedzený súbor znakov za kontrolovaných podmienok. Avšak vnútorná zložitosť posunkových jazykov, spolu s variabilitou v prevedení znakov medzi jednotlivcami, vyžaduje sofistikovanejšie riešenia. Nedávne pokroky v umelej inteligencii (AI), najmä v strojovom učení (ML) a počítačovom videní, naznačujú sľub v riešení niektorých z týchto výziev. Tieto technológie zlepšili presnosť rozpoznávania gest a začali umožňovať detekciu ne-manuálnych ukatateľov, ktoré sú kľúčové pre prenos gramatických a afektívnych informácií v posunkových jazykoch.

Napriek týmto pokrokom zostávajú značné obmedzenia, najmä v schopnosti softvéru spracovať a prekladať plnú hĺbku posunkového jazyka v reálnom čase. Jemnosti mimických výrazov, dôležitosť kontextu pri určovaní významu a potreba kultúrnej citlivosti pri preklade vyžadujú úroveň sofistikovanosti, ktorú súčasná technológia stále usiluje dosiahnuť. Pokračujúci výskum a vývoj v tejto oblasti sú kritické pre dosiahnutie ďalšieho pokroku smerom k efektívnym nástrojom na preklad posunkových jazykov [20].

2.1.4 Preklenutie jazykových medzier s používateľsky orientovaným dizajnom

Riešenie jazykových medzier medzi posunkovými a hovorenými/písanými jazykmi si vyžaduje používateľsky orientovaný prístup k návrhu softvéru. Tento prístup zahŕňa vývoj prekladových nástrojov s priamym vstupom od hluchých aj počujúcich používateľov, aby sa zabezpečilo, že softvér spĺňa skutočné potreby svojho určeného publika. Zapracovanie spätnej väzby používateľov do procesu dizajnu pomáha identifikovať a riešiť praktické výzvy, zabezpečujúc, že softvér nie je len technologicky pokročilý, ale aj lingvisticky a kultúrne vhodný.

Používateľsky orientovaný dizajn zdôrazňuje dôležitosť porozumenia skúsenostiam, preferenciám a výzvam používateľov. Zapojením používateľov do vývojového procesu môžu vývojári vytvoriť intuitívnejšie rozhrania, vyvinúť lepšie algoritmy na rozpoznávanie a preklad znakov a zabezpečiť, že preklady sú presné a kontextovo vhodné. Tento prístup tiež zdôrazňuje dôležitosť iteratívneho vývoja, kde je softvér neustále vylepšovaný a aktualizovaný na základe spätnej väzby od používateľov a nového lingvistického výskumu.

Nakoniec, preklopenie jazykových medzier s používateľsky orientovaným dizajnom si vyžaduje vyváženú integráciu technologických inovácií, lingvistických odborných znalostí a hlbokého rešpektu ku kultúrnym nuansám. Vyžaduje si to spoločné úsilie, ktoré spája technológov, lingvistov, kultúrnych expertov a komunitu nepočujúcich, aby boli vytvorové prekladové nástroje, ktoré sú nielen efektívne, ale aj posilňujúce pre používateľov [14].

2.1.5 Úloha iteratívneho vývoja a zapojenia komunity

Dynamická povaha posunkových jazykov a rozmanité potreby ich používateľov si vyžadujú iteratívny prístup k vývoju softvéru. Zapojenie komunity hluchých a začlenenie spätnej väzby do pokračujúcich aktualizácií sú kľúčové pre zabezpečenie, že softvér zostane relevantný a efektívny. Tento prístup sa zhoduje s perspektívami Liddella a Johnsona (1989), ktorí presadzujú reaktívny a prispôsobivý model vývoja softvéru, zakorenený v lingvistickom výskume a vstupe od komunity [19].

2.1.6 Budúce smerovania v preklade posunkových jazykov

Pohľad do budúcnosti jasne ukazuje, že oblasť prekladu posunkových jazykov sa bude naďalej vyvíjať, bude vedená technologickými pokrokmi a hlbším porozumením lingvistických a kultúrnych nuáns. Sľubný smer naznačujú Özyurt a Akçapınar (2021), ktorí skúmajú využitie rozšírenej reality (AR) pri interpretácii posunkového jazyka, ponúkajúce vhľady, ako môžu vznikajúce technológie vytvoriť pohlcujúcejšie a interaktívnejšie prekladové zážitky. Ich výskum naznačuje, že AR by mohla zlepšiť učenie a používanie posunkových jazykov, poskytujúc prirodzenejší a zaujímavejší spôsob, ako používatelia interagujú s obsahom posunkového jazyka [21].

Táto kapitola položila základy pre pochopenie mnohostranných výziev spojených s prekladom posunkových jazykov. Ako sa budeme posúvať ďalej, získané poznatky tu budú informovať o vývoji riešení, ktoré sú nielen technologicky pokročilé, ale aj lingvisticky a kultúrne informované, čím sa otvára cesta pre efektívnejšie a prístupnejšie nástroje na preklad posunkových jazykov.

2.2 SúčasnÉ technologické systÉmy na preklad posunkovÝch jazykov a ich obmedzenia

VÝvoj softvéru na preklad posunkovÝch jazykov zaznamenal v priebehu rokov významný pokrok. Napriek tomu však súčasnÉ technologické systÉmy stále čelia značným obmedzeniam, ktoré ovplyvňujú ich efektivitu a použiteľnosť. V tejto kapitole preskúmame súčasnÉ metódy prekladu, používané technológie a vnútornÉ výzvy, ktoré obmedzujú ich schopnosti.

2.2.1 Prehľad súčasnÝch technológií prekladu posunkovÝch jazykov

SúčasnÉ technológie pre preklad posunkovÝch jazykov sa primárne delia do dvoch kategórií: systÉmy s manuálnym vstupom a automatizované systÉmy rozpoznávania. SystÉmy s manuálnym vstupom, ako sú špecializované klávesnice alebo rukavice vybavenÉ senzormi, umožňujú používateľom priamo vkladať gestá posunkovÉho jazyka, ktoré softvér následne prekladá do textu alebo hovorenÉho jazyka [22]. Na druhej strane, automatizované systÉmy rozpoznávania využívajú počítačové videnie a strojové učenie na rozpoznávanie a interpretáciu posunkovÉho jazyka z video vstupu bez potreby špecializovanÉho hardvéru [20].

Aj keď oba prístupy majú svoje využitie, tiež čelia významným obmedzeniam v presnom zachytávaní a prekladaní nuansovanej a zložitej povahy posunkovÝch jazykov.

2.2.2 SystÉmy s manuálnym vstupom a ich výzvy

SystÉmy s manuálnym vstupom predstavujú skorý prístup k prekladu posunkovÝch jazykov, ktorý vyžaduje, aby používatelia interagovali so špecializovaným hardvérom, ako sú rukavice vybavenÉ senzormi alebo vlastné klávesnice navrhnutÉ na zachytávanie gest posunkovÉho jazyka. Tieto systÉmy prekladajú zadanÉ gestá na text alebo hovorený jazyk [14].

Hoci sú inovatívne, systÉmy s manuálnym vstupom majú niekoľko obmedzení:

- **Zaťaženie používateľa:** Potreba fyzickej interakcie so špecializovanými zariadeniami môže brániť prirodzenej komunikácii v posunkovom jazyku, robia tieto systÉmy menej intuitívnymi a dostupnými pre každodennÉ použitie.
- **Obmedzená vyjadrovacia schopnosť:** TakÉto systÉmy často nedokážu zachytiť celý rozsah komponentov posunkovÉho jazyka, najmä ne-manuálne ukazatele ako sú

mimické výrazy a postoj tela, ktoré sú kľúčové pre prenos nuansovaných významov a emócií v posunkových jazykoch.

- Prispôbitel'nosť a náklady: Závislosť na špecializovanom hardvéri obmedzuje adaptabilitu týchto systémov na rôzne prostredia a zvyšuje náklady, čo obmedzuje ich široké prijatie.

2.2.3 Automatizované systémy rozpoznávania: Pokroky a obmedzenia

Automatizované systémy rozpoznávania, poháňané pokrokmi v umelej inteligencii (AI) a počítačovom videní, ponúkajú plynulejší prístup k prekladu posunkových jazykov. Tieto systémy analyzujú video vstup na identifikáciu a interpretáciu gest posunkového jazyka pomocou algoritmov strojového učenia [20]. Avšak čelia výzvam v dosahovaní vysokej presnosti, najmä v reálnych podmienkach, kde osvetlenie, pozadie a individuálne variácie posunkujúcich môžu výrazne ovplyvniť výkon. Navyše, zložitosť posunkových jazykov, s ich závislosťou na priestorových a časových konštruktoch, predstavuje významnú výzvu pre súčasné modely AI [18].

2.2.4 Kultúrne a kontextové obmedzenia existujúcich technológií

Kritickým obmedzením ako manuálnych vstupných, tak automatizovaných rozpoznávacích systémov je ich často obmedzené zohľadnenie kultúrnych a kontextových aspektov posunkových jazykov. Posunkové jazyky nie sú univerzálne a sú hlboko zakorenené vo svojich príslušných kultúrach a komunitách. Väčšina existujúcich technológií je navrhnutá s dôrazom na jeden posunkový jazyk, typicky americký posunkový jazyk (ASL), a nezohľadňuje bohatú diverzitu posunkových jazykov na celom svete. Toto obmedzenie limituje ich uplatniteľnosť a efektivitu pre používateľov iných posunkových jazykov [18].

2.2.5 Potreba vylepšených používateľských rozhraní a interakcie

Používateľské rozhrania (UI) súčasných nástrojov na preklad posunkových jazykov často úplne nespĺňajú potreby ich používateľov. Efektívny softvér na preklad posunkových jazykov vyžaduje intuitívne a prístupné UI, ktoré zohľadňuje preferencie používateľov hluchých aj počujúcich. Navyše, dizajn interakcie musí uľahčovať prirodzený a efektívny prekladový proces, umožňujúc používateľom ľahko preskúmať a opraviť preklady podľa potreby. Vývoj viac používateľsky orientovaných rozhraní zostáva významnou oblasťou pre zlepšenie [22].

2.2.6 Budúce technológie a cesta vpred

Nové technológie, ako sú rozšírená realita (AR) a vylepšené modely strojového učenia, sľubujú riešenie niektorých súčasných obmedzení. Napríklad AR môže ponúknuť pohlcujúcejší prekladový zážitok tým, že priamo v zornom poli používateľa prekryje interpretácie posunkového jazyka, potenciálne zlepšujúc pochopenie a angažovanosť. Navyše, pokroky v strojovom učení, najmä v deep learning a neurónových sieťach, by mohli viesť k lepšej presnosti rozpoznávania a väčšiemu porozumeniu kontextových a kultúrnych nuáns posunkových jazykov [21] .

2.2.7 Záver

Hoci existujúce technológie na preklad posunkových jazykov urobili značný pokrok, zostávajú významné výzvy. Prekonanie týchto obmedzení si vyžaduje viacstranný prístup, integráciu pokrokov v AI a strojovom učení, zlepšenie dizajnu používateľského rozhrania a zabezpečenie kultúrnej a lingvistickej inkluzivity. Vývoj budúcich nástrojov na preklad posunkových jazykov bude závisieť od pokračujúceho výskumu, inovácie a zapojenia komunit hluchých a ťažko počujúcich, aby sa zabezpečilo, že vyvíjané technológie skutočne spĺňajú ich potreby a preferencie.

2.3 Existujúce systémy a obmedzenia

Táto kapitola poskytuje podrobné preskúmanie existujúcich systémov na preklad posunkových jazykov, s dôrazom na ich obmedzenia a dôsledky pre budúci vývoj softvéru. Porozumenie súčasnému stavu týchto systémov je kľúčové pre identifikáciu oblastí, kde inovácia a zlepšenie môžu významne zvýšiť efektivitu a dostupnosť prekladu posunkových jazykov.

2.3.1 Prehľad existujúcich systémov

Oblasť technológií prekladu posunkových jazykov zahŕňa široké spektrum prístupov zameraných na preklopenie komunikácie medzi komunitami hluchých a počujúcich. Tieto technológie možno vo všeobecnosti kategorizovať do dvoch hlavných typov: systémy s manuálnym vstupom a automatizované systémy rozpoznávania. Systémy s manuálnym vstupom zahŕňajú použitie špecializovaného vybavenia, ako sú rukavice vybavené senzormi alebo klávesnice, na zachytenie gest posunkového jazyka, ktoré sú potom preložené do textu alebo hovoreného jazyka. Na druhej strane, automatizované systémy rozpoznávania využívajú pokročilé technológie počítačového videnia a umelej inteligencie (AI) na priamu interpretáciu posunkového jazyka z video vstupov[22].

Napriek pokroku v rozvoji týchto technológií obidve kategórie čelia významným výzvam, ktoré bránia ich efektívnosti a univerzálnej dostupnosti. Systémy s manuálnym vstupom, hoci inovatívne, často nedokážu zachytiť celú šírku komunikácie v posunkovom jazyku, vrátane kľúčových ne-manuálnych ukazateľov a plynulosti prirodzeného posunkovania. Automatizované systémy ponúkajú prirodzenejší spôsob interakcie, ale stále zápasia s presným rozpoznaním nuáns posunkového jazyka a vyžadujú značné výpočtové zdroje. Tieto výzvy zdôrazňujú neustálu potrebu inovácie a zlepšenia v technológiách prekladu posunkových jazykov.

2.3.2 Obmedzenia systémov s manuálnym vstupom

Systémy s manuálnym vstupom na preklad posunkového jazyka, ako sú rukavice vybavené senzormi, predstavujú skorý pokus o uľahčenie komunikácie medzi hluchými a počujúcimi jedincami. Tieto systémy vyžadujú, aby používatelia vykonávali gestá posunkového jazyka pomocou špecializovaného hardvéru, ktorý potom softvér prekladá[14].

Avšak objavilo sa niekoľko obmedzení pri používaní týchto systémov:

Obmedzená vyjadrovacia schopnosť: Tieto systémy často nedokážu úplne zachytiť bohatstvo posunkového jazyka, najmä ne-manuálne ukazatele ako sú mimické výrazy a postoj tela, ktoré sú nevyhnutné na prenos úplných významov v posunkových jazykoch.

Neprijemnosť pre používateľa: Nutnosť pre používateľov nosiť alebo interagovať s konkrétnym hardvérom môže komunikáciu sťažiť a urobiť menej prirodzenou, čo znižuje plynulosť prirodzeného posunkového jazyka.

Dostupnosť a škálovateľnosť: Závislosť na proprietárnom hardvéri obmedzuje škálovateľnosť týchto riešení a robí ich menej dostupnými pre širšie publikum kvôli nákladom a požiadavke na prístup používateľov k špecifickému vybaveniu.

2.3.3 Výzvy v automatizovaných systémoch rozpoznávania

Automatizované systémy rozpoznávania, ktoré využívajú počítačové videnie a AI na preklad posunkového jazyka z video vstupu, predstavujú významný technologický pokrok. Tieto systémy majú za cieľ poskytnúť plynulejší prekladový zážitok elimináciou potreby špecializovaného hardvéru [20].

Napriek týmto pokrokom však vo vývoji prekladača znakového jazyka na hovorené slovo zostáva niekoľko výziev:

- **Presnosť rozpoznávania:** Dosiachnutie vysokých úrovní presnosti pri rozpoznávaní posunkového jazyka, najmä za rôznych svetelných podmienok, rozmanitých pozadiach a s individuálnymi rozdielmi v štýle posunkovania, zostáva významnou výzvou.
- **Zložitosť posunkových jazykov:** Zložité priestorové a časové dynamiky posunkových jazykov spolu s dôležitosťou ne-manuálnych ukazateľov predstavujú komplexné výzvy pre modely AI a strojového učenia na presnú interpretáciu a preklad.
- **Výpočtové požiadavky:** Real-time spracovanie a preklad posunkových jazykov vyžadujú značný výpočtový výkon, čo predstavuje obmedzenia pre použitie týchto systémov v mobilných alebo technologicky obmedzených zdrojoch a prostrediach.

2.3.4 Vplyv kultúrnych a kontextových faktorov

Kritickým obmedzením oboch, manuálnych aj automatizovaných systémov, je ich všeobecný nedostatok zohľadnenia kultúrnych a kontextových citlivostí posunkových jazykov. Posunkové jazyky nie sú len zbierkou gest, ale sú hlboko zakorenené v kultúrnych kontextoch svojich komunit. Táto kultúrna hĺbka zahŕňa idiómy, slangy a výrazy jedinečné pre konkrétne komunity, ktoré sú v súčasných technológiach na preklad často prehliadané. Navyše, väčšina existujúcich systémov sa zameriava na americký posunkový jazyk (ASL), s obmedzenou podporou pre iné posunkové jazyky, čím vylučuje významnú časť globálnej komunity hluchých [23].

2.3.5 Potreba zlepšeného používateľského zážitku

Efektívnosť softvéru na preklad posunkových jazykov je tiež úzko spojená s používateľským zážitkom (UX), ktorú ponúka. Súčasný systémy často majú rozhrania, ktoré nie sú úplne optimalizované pre potreby ich používateľov, čo môže zťažiť navigáciu a ovládanie pre hluchých aj počujúcich jedincov. Zlepšenie UX týchto systémov, vrátane presnosti prekladu, ľahkosti používania a schopnosti zvládať konverzačné jemnosti, je kľúčové pre ich široké prijatie a efektívnosť [22].

- Zlepšený dizajn rozhrania: Parametrickým aspektom zlepšenia používateľského zážitku v systémoch na preklad posunkových jazykov je prepracovanie dizajnu rozhrania. Súčasný systémy často predstavujú rozhrania, ktoré nemusia byť intuitívne navigovateľné pre používateľov, najmä pre tých v komunite hluchých, ktorí môžu interagovať s technológiami odlišne ako počujúci používatelia. Dizajn a usporiadanie týchto rozhraní musia byť prepracované tak, aby boli inkluzívnejšie, poskytujúce jasné, ľahko navigovateľné a responzívne prostredie, ktoré zohľadňuje špecifické potreby a preferencie všetkých používateľov. To zahŕňa zváženie vizuálnej jasnosti, ovládania založeného na gestách, kde je to možné, a zabezpečenie, že pokyny a spätná väzba sú poskytované spôsobom prístupným pre hluchých používateľov.
- Presný a kontextový preklad: Okrem dizajnu rozhrania je základná funkčnosť systémov na preklad posunkových jazykov – ich schopnosť presne prekladať

posunkový jazyk – kritickou oblasťou na zlepšenie. Systémy musia ísť nad rámec doslovného prekladu, aby porozumeli a preniesli nuansy posunkového jazyka, vrátane idiómov, kultúrneho kontextu a emocionálneho tónu za gestami. Dosiahnutie tejto úrovne presnosti prekladu a hĺbky nielen zlepšuje používateľskú skúsenosť, ale tiež podporuje lepšiu komunikáciu a porozumenie medzi hluchými a počujúcimi jedincami.

- Konverzačné jemnosti a interakcia v reálnom čase: Pre efektívne používanie týchto technológií v reálnych scenároch musia byť schopné zručne zvládať konverzačné jemnosti a podporovať plynulú, real-time interakciu. To zahŕňa schopnosť zvládnuť viaceré konverzácie, interpretovať ne-manuálne ukazatele, ako sú mimické výrazy a reč tela, a prispôbiť sa meniacim sa dynamikám skupinovej interakcie. Zlepšenia v týchto oblastiach by výrazne znížili bariéry komunikácie a urobili technológiu praktickejšou a uspokojivejšou pre používateľov.
- Dôraz na ľahkosť používania: Ľahkosť používania je základným prvkom používateľskej skúsenosti, ktorý priamo ovplyvňuje prijatie a efektívnosť systémov na preklad posunkových jazykov. Používatelia by mali byť schopní pristupovať k týmto systémom a používať ich bez potreby rozsiahlych technických znalostí alebo špecifického školenia. Zjednodušenie procesu používania týchto technológií – od nastavenia po prevádzku – môže pomôcť urobiť ich atraktívnejšími a dostupnejšími pre širšie publikum, čím sa zvyšuje ich potenciálny vplyv.
- Riešenie zistení v literatúre: Nutnosť zlepšenej UX je podporená výskumom, ktorý zdôrazňuje rozdiel medzi súčasnými technologickými schopnosťami a skutočnými potrebami používateľov. Štúdie, ako sú tie od Emmorey et. al. (2019), poukazujú na kritickú úlohu používateľsky orientovaných rozhraní pri zvyšovaní efektívnosti nástrojov na preklad posunkových jazykov. Tieto štúdie presadzujú dizajny, ktoré sú vyvíjané s priamym vstupom od koncových používateľov, zabezpečujúc, že konečné produkty nie sú len technologicky pokročilé, ale aj skutočne užitočné a použiteľné pre koncových užívateľov.

2.3.5.1 Zhrnutie

Zlepšenie užívateľského zážitku systémoch na preklad posunkových jazykov nie je len o zlepšení rozhrania alebo presnosti prekladu. Zahŕňa komplexný prístup, ktorý zahŕňa porozumenie a začlenenie potrieb, preferencií a správanie používateľov do procesu dizajnu a vývoja. Sústreďením sa na tieto aspekty môžu budúce systémy dúfať v dosiahnutie väčšieho prijatia, efektívnosti a nakoniec významnejšieho vplyvu na preklopenie komunikačnej bariéry medzi komunitami hluchých a počujúcich.

2.3.6 Úloha zapojenia komunity pri riešení obmedzení

Riešenie obmedzení existujúcich systémov na preklad posunkových jazykov vyžaduje nielen technologické pokroky, ale aj hlboké zapojenie komunity hluchých. Zapojenie členov komunity do vývojového procesu môže poskytnúť neoceniteľné vhl'ady do praktických potrieb a preferencií používateľov posunkového jazyka, čo vedie k efektívnejším a kultúrne citlivejším riešeniam prekladu [24] .

2.3.7 Záver existujúcich problémov a obmedzení

Existujúce systémy na preklad posunkových jazykov položili základy pre preklopenie komunikačných bariér medzi hluchými a počujúcimi jedincami. Avšak zostávajú významné obmedzenia, od technologických výziev po potrebu väčšej kultúrnej a kontextovej citlivosti. Prekonanie týchto obmedzení si vyžaduje multidisciplinárny prístup, ktorý kombinuje pokroky v AI a strojovom učení, princípy dizajnu zameraného na používateľa a aktívnu spoluprácu s komunitou nepočujúcich. Budúci vývoj technológií na preklad posunkových jazykov musí usilovať nielen o lingvistickú presnosť, ale aj o inkluzivitu, dostupnosť a rešpektovanie bohatého kultúrneho dedičstva komúnit posunkových jazykov.

2.4 Technické výzvy v preklade v reálnom čase

Vývoj a implementácia softvéru na preklad posunkových jazykov v reálnom čase predstavujú jedinečné technické výzvy. Táto kapitola skúma tieto výzvy, ich dôsledky pre dizajn softvéru a potenciálne stratégie na ich prekonanie. Riešením týchto problémov môžu vývojári vytvoriť efektívnejšie a spoľahlivejšie nástroje na preklad, ktoré zlepšujú komunikáciu medzi hluchými a počujúcimi jedincami.

2.4.1 Rozpoznávanie a spracovanie v reálnom čase

Schopnosť rozpoznávať a spracovávať posunkový jazyk v reálnom čase je základ pre efektívny softvér na preklad posunkových jazykov, umožňujúci plynulú komunikáciu medzi hluchými a počujúcimi. Rozpoznávanie v reálnom čase si vyžaduje nielen identifikáciu individuálnych znakov, ale aj interpretáciu zložitých sekvencií a interakcií medzi znakmi, všetko v priebehu milisekúnd od vstupu, aby sa zabezpečil plynulý konverzačný zážitok. Dosiachnutie tejto úrovne odozvy vyžaduje pokročilé výpočtové techniky a vysoko optimalizované algoritmy.

Súčasný systémy využívajú technológie strojového učenia a počítačového videnia na interpretáciu posunkového jazyka z video vstupu. Tieto technológie musia byť trénované na rozsiahlych datasetoch, ktoré zachytávajú diverzitu posunkového jazyka, vrátane variácií v rýchlosti posunkovania, štýle a začlenení regionálnych dialektov. Avšak inherentné oneskorenie spracovania - vyplývajúce z času potrebného na analýzu video rámcov, rozpoznanie znakov a potom generovanie prekladov - predstavuje významnú výzvu. Aj malé oneskorenia môžu narušiť prirodzený tok konverzácie, čo vedie k nedorozumeniam alebo vyžaduje opakované posunkovanie, čo môže používateľov frustrovať [20].

Zlepšenie schopností rozpoznávania v reálnom čase zahŕňa nielen zlepšenie rýchlosti a efektívnosti týchto algoritmov, ale aj vývoj sofistikovanejších modelov, ktoré môžu lepšie zvládnuť variabilitu v používaní posunkového jazyka. To môže zahŕňať použitie hlbokých učiacich sa sietí schopných časového a priestorového rozpoznávania, ktoré môžu presnejšie modelovať dynamickú povahu komunikácie v posunkovom jazyku.

2.4.2 Presnosť v rozmanitých podmienkach

Dosiachnutie vysokej presnosti v preklade posunkového jazyka je obzvlášť náročné v prostrediach v reálnom čase, kde variácie v osvetlení, pozadí a pozícii posunkujúceho môžu výrazne ovplyvniť schopnosť systému rozpoznávať znaky. Navyše, individuálne rozdiely v štýle posunkovania, ako je rýchlosť a používanie regionálnych dialektov, pridávajú ďalšiu zložitosť. Automatizované systémy musia byť schopné prispôsobiť sa týmto variáciám, aby zabezpečili presný preklad naprieč rôznymi prostrediami a používateľmi [18].

2.4.3 Začlenenie ne-manuálnych ukazateľov

Ne-manuálne ukazatele (NMM), ako sú mimické výrazy, pohyby hlavy a postoj tela, sú neoddeliteľnou súčasťou posunkového jazyka, často slúžia gramatickým účelom alebo menia význam manuálnych znakov. Napríklad zdvihnuté obočie môže indikovať otázku, zatiaľ čo špecifický mimický výraz môže zmeniť tvrdenie na podmienkovú frázu. Presné

rozpoznanie a preklad týchto ukazateľov v reálnom čase je významnou výzvou pre prekladový softvér, pretože si vyžaduje, aby systém nielen detekoval jemné mimické a telesné pohyby, ale tiež porozumel ich kontextu a významu v rámci konverzácie [22].

Súčasné automatizované systémy rozpoznávania sa primárne zameriavajú na manuálne znaky, s obmedzenou schopnosťou interpretovať NMM. Toto obmedzenie významne ovplyvňuje presnosť a úplnosť prekladov, keďže kritické gramatické štruktúry a emocionálne nuansy môžu byť stratené. Riešenie tejto výzvy vyžaduje pokroky v technológiách počítačového videnia na zlepšenie detekcie NMM a vývoj algoritmov, ktoré môžu interpretovať ich význam v reálnom čase. Začlenenie týchto schopností do prekladového softvéru je kľúčové pre dosiahnutie prekladov, ktoré úplne vyjadrujú zámer a emócie posunkujúceho.

2.4.4 Výpočtové zdroje a škálovateľnosť

Požiadavka na významné výpočtové zdroje predstavuje kritickú výzvu pre preklad posunkového jazyka v reálnom čase, najmä pre systémy využívajúce pokročilé technológie AI a strojového učenia. Tieto technológie vyžadujú značný výpočtový výkon na analýzu video vstupu, rozpoznávanie znakov a rýchle generovanie prekladov. Táto požiadavka obmedzuje škálovateľnosť týchto systémov, najmä pri nasadení na mobilné zariadenia alebo v prostrediach s obmedzenými zdrojmi, kde je výpočtový výkon a životnosť batérie obmedzená Adamo-Villani, N., & Wilbur, R. (2009). "A Gesture-Based Tool for Stereoscopic Language Learning." *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(3). ISSN: 10814159. [25].

Na riešenie týchto výziev skúmajú výskumníci a vývojári efektívnejšie modely strojového učenia a optimalizačné techniky, ktoré môžu znížiť výpočtové zaťaženie bez toho, aby sa ohrozila presnosť. Napríklad, architektúry ľahkých neurónových sietí a prístupy výpočtu na okraji (edge computing), ktoré spracúvajú údaje na lokálnych zariadeniach namiesto spoliehania sa na serveroch založených v cloude, môžu pomôcť zrealizovať preklad v reálnom čase na širšej škále zariadení.

Ďalej, vývoj špecializovaných hardvérových akcelerátorov pre úlohy strojového učenia, ako sú AI čipy v smartfónoch, ponúka sľubné možnosti na zlepšenie škálovateľnosti a dostupnosti technológií prekladu posunkového jazyka. Tieto pokroky by mohli umožniť širšie používanie nástrojov na preklad v reálnom čase, čím by sa stali dostupné širšiemu publiku a uľahčili komunikáciu medzi hluchými a počujúcimi jedincami.

2.4.5 Používateľské rozhranie a dizajn interakcie pre použitie v reálnom čase

Používateľské rozhranie (UI) a dizajn interakcie softvéru na preklad posunkových jazykov v reálnom čase zohrávajú kľúčovú úlohu v jeho použiteľnosti a efektívnosti. Výzvou je vytvoriť rozhrania, ktoré nie sú len intuitívne a prístupné, ale tiež schopné uľahčiť plynulú komunikáciu medzi hluchými a počujúcimi jedincami v reálnych scenároch. Táto časť sa zaoberá kľúčovými úvahami a stratégiami pre dizajn UI, ktoré zlepšujú používateľský zážitok s nástrojmi na preklad posunkových jazykov v reálnom čase.

- Intuitívny dizajn pre rôznych používateľov

Efektívne UI musí vyhovovať rozmanitým potrebám a preferenciám hluchých aj počujúcich používateľov, z ktorých každý môže interagovať so softvérom odlišne. Pre hluchých používateľov je kľúčová vizuálna jasnosť a minimalizácia textového obsahu, keďže posunkový jazyk je ich primárnym spôsobom komunikácie. Počujúci používatelia na druhej strane môžu vyžadovať zvukovú spätnú väzbu alebo titulky. Preto by UI malo byť prispôsobiteľné tak, aby umožňovalo používateľom upraviť nastavenia, ako je veľkosť textu, kontrast a prítomnosť alebo absencia zvukových signálov [23].

- Okamžitá spätná väzba a interakcia

Pri preklade v reálnom čase je nevyhnutná okamžitá spätná väzba, aby sa zabezpečilo, že používatelia môžu rýchlo identifikovať a opraviť akékoľvek chyby v preklade. UI by malo umožňovať obojsmernú interakciu, ktorá umožňuje používateľom ľahko poskytovať spätnú väzbu o presnosti prekladov. To by sa dalo dosiahnuť prostredníctvom jednoduchých gestových ovládacích prvkov alebo hlasových príkazov, čo umožňuje používateľom opraviť preklady bez narušenia toku konverzácie. Navyše, systém by mal poskytovať vizuálne indikátory alebo upozornenia na informovanie používateľov o akýchkoľvek problémoch s rozpoznávaním znakov alebo presnosťou prekladu, čo umožňuje rýchle úpravy [22].

- Zobrazovanie prekladov jasne a efektívne

Predstavovanie prekladov spôsobom, ktorý je ľahko sledovateľný počas živých konverzácií, je ďalším kritickým aspektom dizajnu UI pre použitie v reálnom čase. Pre hluchých používateľov by preložený text alebo syntetizovaná reč mali byť zreteľne zobrazené na obrazovke bez toho, aby sa zakrýval video záznam hovoriaceho v posunkovom jazyku. Pre počujúcich používateľov by mohli byť preklady posunkového jazyka reprezentované prostredníctvom avatarov alebo animácií, ktoré sú jasne viditeľné a zrozumiteľné. Výzvou je zabezpečiť, aby tieto preklady boli synchronizované s konverzáciou s minimálnym oneskorením, aby sa udržal prirodzený rytmus komunikácie [23].

- Využitie Augmented Reality pre pohlujúci zážitok z prekladu

Augmented Reality (AR) ponúka inovatívny prístup k zlepšeniu UI a dizajnu interakcie pre preklad posunkových jazykov v reálnom čase. Prekrytím prekladov priamo na reálnom svete môže AR poskytnúť pohlujúcejší a intuitívnejší zážitok. Napríklad, gestá posunkového jazyka by mohli byť preložené do textu alebo hovoreného jazyka, ktorý sa objavuje v zornom poli používateľa, čo uľahčuje sledovanie konverzácií bez potreby presúvať pozornosť medzi rôznymi prvkami na obrazovke. AR by tiež mohla byť použitá na projekciu virtuálnych tlmočníkov posunkového jazyka, čo ponúka vizuálne pútavý spôsob pochopenia prekladov [21].

- Zabezpečenie prístupnosti a použiteľnosti

Prístupnosť by mala byť základnou úvahou pri návrhu UI pre softvér na preklad posunkových jazykov v reálnom čase. To zahŕňa dodržiavanie štandardov a usmernení prístupnosti, aby sa zabezpečilo, že softvér je použiteľný pre jedincov s rôznymi schopnosťami. Funkcie ako navigácia hlasom, režimy vysokého kontrastu a nastaviteľné veľkosti písma môžu softvér sprístupniť používateľom so zrakovými postihnutiami alebo

inými zdravotnými obmedzeniami. Navyše, UI by mal byť navrhnutý pre ľahkú použiteľnosť, minimalizujúci krivku učenia a umožňujúci používateľom rýchlo sa stať zručnými v používaní softvéru [22].

2.4.6 Nepretržité učenie a adaptácia

Aby bol softvér na preklad posunkových jazykov v reálnom čase efektívny, musí neustále učiť a prispôbovať sa novým znakom, dialektom a preferenciám používateľov. Táto požiadavka na nepretržité učenie predstavuje technickú výzvu z hľadiska zbierania údajov a vývoja algoritmov, ktoré sa môžu aktualizovať a zlepšovať v priebehu času bez toho, aby sa ohrozil výkon alebo používateľský zážitok Adamo-Villani, N., & Wilbur, R. (2009). "A Gesture-Based Tool for Stereoscopic Language Learning." *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(3). ISSN: 10814159. [25].

2.4.7 Záver

Preklad posunkových jazykov v reálnom čase čelí niekoľkým významným technickým výzvam, od dosiahnutia vysokej presnosti a rýchlosti v rozmanitých podmienkach po začlenenie ne-manuálnych ukazateľov a navrhovanie efektívnych používateľských rozhraní. Prekonanie týchto výziev si vyžaduje kombináciu pokročilých technológií AI a strojového učenia, inovatívny dizajn UI a škálovateľné výpočtové riešenia. S postupom technológie rastie potenciál na riešenie týchto výziev, čím sa otvára cesta pre efektívnejšie a dostupnejšie nástroje na preklad posunkových jazykov v reálnom čase, ktoré môžu preklenúť komunikačnú bariéru medzi hluchými a počujúcimi jedincami.

2.5 Prístupnosť a inkluzivita

Táto kapitola sa zaoberá kritickými aspektmi prístupnosti a inkluzivity vo vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov. Zabezpečenie, aby tieto systémy boli prístupné a inkluzívne, nielenže rozširuje ich užitočnosť pre rozmanité skupiny používateľov, ale tiež významne ovplyvňuje ich efektívnosť pri uľahčovaní komunikácie medzi hluchými a počujúcimi jedincami. Podrobné preskúmanie týchto aspektov zdôrazňuje mnohostranný prístup potrebný na riešenie rozmanitých potrieb používateľov a zdôrazňuje dôležitosť návrhu softvéru s dôrazom na univerzálny prístup.

2.5.1 Definovanie prístupnosti v softvéri na preklad posunkových jazykov

Prístupnosť v kontexte softvéru na preklad posunkových jazykov sa týka ľahkosti, s akou môžu používatelia pristupovať a využívať technológiu, bez ohľadu na ich fyzické schopnosti alebo technickú zdatnosť. To zahŕňa rôzne faktory, vrátane jednoduchosti používateľského rozhrania, prispôbitel'nosti softvéru na rôzne zariadenia a prostredia a poskytnutia prispôbitel'ných nastavení na uspokojenie individuálnych preferencií a potrieb používateľov [22]. Dosiahnutie vysokej úrovne prístupnosti si vyžaduje prístup zameraný na používateľa, kde spätná väzba od potenciálnych používateľov, najmä z komunity hluchých, je integrálnou súčasťou vývojového procesu. Tento prístup zabezpečuje, že softvér nie je len technicky schopný, ale tiež skutočne prístupný pre jeho cieľové publikum.

2.5.2 Inkluzivita v dizajne a funkcionalite

Inkluzivita v dizajne a vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov znamená vytváranie riešení, ktoré sú rešpektujúce a odzrkadľujúce rozmanité potreby a kultúry komunity hluchých [18]. Tento princíp vyžaduje:

- **Širokú jazykovú podporu:** Je nevyhnutné zahrnúť široké spektrum posunkových jazykov a dialektov. Mnoho systémov sa sústreďuje predovšetkým na americký posunkový jazyk (ASL), zanedbávajúc iné jazyky používané komunitami hluchých po celom svete. Skutočne inkluzívna platforma by podporovala viacero posunkových jazykov s prihliadnutím na jazykovú diverzitu globálnej populácie hluchých.
- **Kultúrnu citlivosť:** Porozumenie a integrácia kultúrnych nuáns komunikácie v posunkovom jazyku je nevyhnutná. Posunkový jazyk je hlboko zakorenený v kultúrnom kontexte jeho používateľov. Inkluzívny dizajn musí uznať a zahrnúť tieto

kultúrne aspekty, aby zabezpečil, že softvér rezonuje s používateľmi na osobnej úrovni.

- Univerzálnu použiteľnosť: Softvér by mal byť univerzálne použiteľný a zohľadňovať používateľov, ktorí môžu mať okrem poruchy sluchu aj ďalšie zdravotné postihnutia. To zahŕňa zohľadnenie ľudí so zrakovými postihnutiami alebo tých, ktorí majú obmedzenú mobilitu, a zabezpečenie, aby rozhranie a funkcionality softvéru boli prístupné pre každého.

2.5.3 Výzvy dosiahnutia prístupnosti a inkluzivity

Dosiahnutie cieľov prístupnosti a inkluzivity v softvéri na preklad posunkových jazykov čelí niekoľkým významným výzvam:

- Technické obmedzenia: Existujú inherentné technické výzvy pri vytváraní softvéru, ktorý je prispôsobiteľný na rôzne zariadenia a platformy. To zahŕňa vývoj algoritmov schopných presne interpretovať zložité nuansy posunkových jazykov, ktoré sú inherentným spôsobom priestorové a zahŕňajú jemné pohyby a výrazy.
- Jazykové bariéry: Jazyková diverzita posunkových jazykov predstavuje významnú prekážku. Každý jazyk a dialekt má svoju jedinečnú gramatiku, slovnú zásobu a kultúrne nuansy, čo dáva za úlohu zahrnúť komplexnú podporu pre každý posunkový jazyk v rámci jedného systému.
- Socioekonomické faktory: Prístup k technológii nie je rovnomerný vo všetkých segmentoch spoločnosti. Socioekonomické faktory môžu obmedziť dostupnosť potrebnej technológie pre určité skupiny, čo sťažuje zabezpečenie, aby softvér na preklad posunkových jazykov bol prístupný pre všetkých členov komunity hluchých.
- Zložitosť ne-manuálnych ukazateľov: Posunkové jazyky využívajú širokú škálu ne-manuálnych ukazateľov, ako sú mimické výrazy a postoj tela, na prenos významu. Zachytenie a interpretácia týchto nuáns vyžaduje sofistikovanú technológiu, ktorá dokáže zvládnuť zložitosť ľudskej komunikácie.

2.5.3.1 Náhľad do budúcnosti: Zlepšenie prístupnosti a inkluzivity

Na prekonanie týchto výziev je potrebný mnohostranný prístup, ktorý zahŕňa:

- Pokročilú technológiu: Využitie pokrokov v AI a strojovom učení môže zlepšiť schopnosť softvéru na preklad posunkových jazykov prispôbiť sa jazykovej a

kultúrnej variabilite. To by mohlo viesť k presnejším a inkluzívnejším prekladovým schopnostiam.

- Dizajn zameraný na používateľa: Zapojenie komunity hluchých počas celého vývojového procesu zabezpečuje, že softvér spĺňa skutočné potreby svojich používateľov. To zahŕňa zber spätnej väzby o použiteľnosti, funkcionalite a kultúrnej relevantnosti.
- Partnerstvá a spoluprácu: Spolupráca s organizáciami a jednotlivcami v komunite hluchých môže pomôcť vývojárom porozumieť nuansovaným požiadavkám používateľov posunkového jazyka. Tieto partnerstvá môžu tiež pomôcť pri zbere potrebných jazykových údajov na podporu širšieho spektra jazykov a dialektov.
- Politiku a advokáciu: Podporné politiky a advokačné úsilie sú kľúčové pri propagácii, vývoji a prijatí prístupných technológií. Legislatíva, ktorá podporuje inovácie a investície v tejto oblasti, môže významne ovplyvniť dostupnosť inkluzívnych nástrojov na preklad posunkových jazykov.

2.5.4 Stratégie na zlepšenie prístupnosti a inkluzivity

Riešenie výziev prístupnosti a inkluzivity zahŕňa mnohostrannú stratégiu, ktorá kombinuje technologické inovácie, kolaboratívne vývojové procesy a nepretržité zapojenie používateľov. Využitie pokročilých algoritmov AI a strojového učenia môže zlepšiť schopnosť softvéru zvládať jazykovú a kultúrnu variabilitu, čím sa stáva inkluzívnejším pre rôzne posunkové jazyky a dialekty [20]. Prijatie modulárneho prístupu k dizajnu môže zlepšiť prístupnosť tým, že umožní prispôsobenie a adaptáciu na splnenie rozmanitých potrieb používateľov. Navyše, podpora partnerstiev s organizáciami v komunite hluchých môže uľahčiť zbieranie komplexných datasetov a poskytnúť cenné vhľady do kultúrnych aspektov komunikácie v posunkovom jazyku [23].

Ďalej, zabezpečenie cenovej dostupnosti a jednoduchosti použitia je kľúčové pre rozšírenie prístupu k technológii. To by mohlo zahŕňať vývoj ľahkých verzií softvéru, ktoré môžu bežať na širokej škále zariadení, alebo ponúkajú služby založené na cloude, ktoré znižujú potrebu pokročilého hardvéru. Poskytovanie školiacich a podporných zdrojov môže tiež pomôcť znížiť počiatočnú bariéru a urobiť technológiu prístupnejšou pre používateľov s rôznymi úrovňami technickej zdatnosti.

2.5.5 Úloha princípov a advokácie

Dosiahnutie prístupnosti a inkluzivity v softvéri na preklad posunkových jazykov tiež vyžaduje podporné politiky a advokačné úsilie. Legislatíva, ktorá podporuje vývoj a prijatie prístupných technológií, môže poskytnúť dôležitý impulz pre inovácie v tejto oblasti. Advokácia zo strany organizácií na ochranu práv osôb so zdravotným postihnutím a komunity hluchých môže zvýšiť povedomie o potrebe prístupných a inkluzívnych technológií, čím podporuje dopyt a podnecuje investície do výskumu a vývoja [26] .

2.5.6 Záver

Prístupnosť a inkluzivita sú zásadné pri vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov. Riešením týchto aspektov môžu vývojári vytvoriť nástroje, ktoré nielen preklenú komunikačné bariéry medzi hluchými a počujúcimi jedincami, ale tiež rešpektujú a oslavujú diverzitu komunity hluchých. Dosiahnutie tohto cieľa si vyžaduje záväzok k dizajnu zameranému na používateľa, technologické inovácie a kolaboratívny vývoj, čím sa zabezpečí, že softvér vyhoví potrebám všetkých používateľov, bez ohľadu na ich schopnosti alebo pozadie.

3 POTREBY APLIKÁCIE

3.1 Definícia užívateľských požiadaviek

V snahe o vytvorenie efektívneho softvéru na preklad posunkových jazykov je pochopenie a definovanie požiadaviek používateľov najvyššou prioritou. Táto kapitola preniká do mnohostranných potrieb používateľov, ktoré informujú o vývoji takéhoto softvéru, zabezpečujúc, že konečný produkt nie je len technologicky pokročilý, ale tiež hlboko citlivý na praktické a rozmanité potreby svojich používateľov.

3.1.1 Jednoduchosť použitia a intuitívnosť

Prvotnou požiadavkou softvéru na preklad posunkových jazykov je jednoduchosť použitia. Používatelia, či už hluchí alebo počujúci, by mali nájsť softvér intuitívnym, ktorý vyžaduje minimálne úsilie na naučenie sa a používanie. To vyžaduje používateľské rozhranie (UI), ktoré je prehľadné, jednoduché a prispôsobiteľné rôznym preferenciám používateľov, vrátane možností prispôsobenia rozloženia, farieb a veľkosti textu. Softvér, ktorý je ľahko navigovateľný, zvyšuje akceptáciu používateľov a uľahčuje širšie prijatie, zabezpečujúc, že technológia slúži ako most, nie ako bariéra komunikácie [22].

3.1.2 Presnosť prekladu v reálnom čase

Nutnosť presnosti prekladu v reálnom čase v softvéri na preklad posunkových jazykov nemôže byť podcenená. Tvorí základ efektívnej komunikácie medzi hluchými a počujúcimi jedincami, umožňujú plynulú konverzáciu bez nedorozumení. Na dosiahnutie tejto úrovne presnosti musí byť softvér vybavený špičkovými algoritmi AI, ktoré sú trénované na rozsiahlych, rozmanitých dátových súboroch. Tieto dátové súbory by mali zahŕňať široké spektrum znakov, vrátane regionálnych dialektov a personalizovaných gest, aby zabezpečili komplexné porozumenie a schopnosti prekladu.

Navyše, presnosť v reálnom čase si vyžaduje, aby softvér fungoval s minimálnym oneskorením, čo znamená, že preklad prebieha takmer okamžite, ako je posunkový jazyk použitý v konverzácii. To si vyžaduje nielen výkonné algoritmy, ale aj optimalizovanú softvérovú architektúru, aby sa zabezpečili rýchle spracovanie a reakčné časy. Výzvou tu je vyvážiť výpočtovú náročnosť reálneho času so zreteľom na prístupnosť, najmä na mobilných zariadeniach, ktoré môžu mať obmedzený výpočtový výkon v porovnaní so špecializovaným výpočtovým hardvérom [20].

3.1.3 Podpora viacerých posunkových jazykov a dialektov

Aby bol softvér na preklad posunkových jazykov naozaj inkluzívny, musí podporovať nielen americký posunkový jazyk (ASL), ale aj iné posunkové jazyky a ich dialekty z celého sveta. Táto inkluzivita umožňuje softvéru slúžiť globálnej komunite hluchých, uznáva bohatú diverzitu posunkových jazykov a podporuje rovnaký prístup k technológii. Vývoj takejto komplexnej platformy si vyžaduje rozsiahly jazykový výskum a spoluprácu s odborníkmi na posunkový jazyk a komunit z rôznych kultúr [27] .

3.1.4 Implementácia ne-manuálnych ukazateľov

Ne-manuálne ukazatele (NMM), ako sú mimické výrazy, postoj tela a pohyby hlavy, hrajú kľúčovú úlohu pri prenose významu v posunkovom jazyku. Ich začlenenie do softvéru na preklad posunkových jazykov je nevyhnutné na zachytenie plnej bohatosti a jemnosti komunikácie v posunkovom jazyku. Avšak, presné rozpoznanie a interpretácia týchto markerov v reálnom čase predstavuje významnú technickú výzvu.

Pokroky v počítačovom videní a strojovom učení sú kľúčové pre prekonanie tejto výzvy. Tieto technológie musia byť schopné detekovať jemné nuansy v mimických výrazoch a telesných pohyboch, rozlíšiť ich od nechcených pohybov a správne interpretovať ich význam v kontexte konverzácie v posunkovom jazyku. To si vyžaduje sofistikované algoritmické riešenia, ktoré môžu analyzovať vizuálne údaje v reálnom čase, extrahovať relevantné informácie a presne ich prekladať do hovoreného alebo písaného jazyka [22].

3.1.5 Cenová dostupnosť a prístupnosť

Aby mal softvér na preklad posunkových jazykov významný vplyv, musí byť cenovo dostupný a prístupný. To znamená, že softvér by mal byť dostupný na rôznych platformách, vrátane smartfónov, tabletov a počítačov, bez potreby drahého hardvéru. Navyše, riešenia založené na cloude môžu ponúkať škálovateľné, cenovo efektívne možnosti pre používateľov, zabezpečujúc, že technológia je dosiahnuteľná pre jednotlivcov aj inštitúcie [23] .

3.1.6 Súkromie a bezpečnosť

Súkromie a bezpečnosť používateľov sú najvyššou prioritou, najmä vzhľadom na citlivú povahu osobnej a potenciálne dôvernej komunikácie, ktorú softvér môže spracovávať. Softvér musí používať robustné šifrovacie a ochranné opatrenia na ochranu údajov používateľov, zabezpečujúc, že všetky preklady a interakcie používateľov sú chránené pred neoprávneným prístupom.

3.1.7 Prispôsobenie a personalizácia

Nakoniec by softvér mal ponúkať vysokú úroveň prispôsobenia a personalizácie, umožňujúc používateľom prispôbiť zážitok svojim individuálnym potrebám a preferenciám. To zahŕňa výber jazyka, prispôsobenie rozhrania a možnosť uložiť často používané frázy alebo znaky. Personalizácia zvyšuje použiteľnosť softvéru a robí ho cennejším nástrojom pre každodennú komunikáciu [22].

3.1.8 Záver

Definovanie požiadaviek používateľov je kritickým krokom vo vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov, ktorý je nielen technologicky pokročilý, ale tiež hlboko reaguje na potreby svojich používateľov. Dávaním priority jednoduchosti použitia, presnosti, inkluzivite, cenovej dostupnosti a bezpečnosti môžu vývojári vytvoriť softvér, ktorý skutočne preklenie komunikačnú bariéru medzi komunitami hluchých a počujúcich, podporujúc väčšie porozumenie a inkluzivitu.

3.2 Inkluzívnosť v dizajne

Pri vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov nie je inkluzívnosť v dizajne len etickým imperatívom, ale praktickou nevyhnutnosťou. Táto kapitola skúma mnohostranný prístup potrebný na zabezpečenie, že tieto technológie sú skutočne inkluzívne, riešia širokú škálu potrieb a preferencií rozmanitých skupín používateľov. Integráciou inkluzivity na každej etape dizajnu a vývoja môžu vývojári vytvoriť efektívnejšie, prístupnejšie a širšie prijímané nástroje na preklad.

3.2.1 Pochopenie diverzity používateľov

Základným kameňom inkluzívneho dizajnu je rozpoznanie a pochopenie diverzity používateľov. Zahŕňa to nielen komunity hluchých a ťažko počujúcich, ale aj jednotlivcov, ktorí interagujú s týmito komunitami, ako sú rodinní príslušníci, vzdelávatelia a tlmočníci. Každá skupina používateľov prináša do používania softvéru na preklad posunkových jazykov jedinečné potreby a preferencie. Napríklad, zatiaľ čo niektorí používatelia môžu prioritizovať rýchlosť prekladu v reálnom čase, iní sa môžu zamerať na presnosť kultúrnych nuáns alebo dostupnosť regionálnych posunkových jazykov [22]. Ďalej, zohľadnenie používateľov s ďalšími zdravotnými postihnutiami, ako sú zrakové postihnutia, zabezpečuje, že softvér je prístupný pre všetkých potenciálnych používateľov, bez ohľadu na ich špecifické potreby [28] .

3.2.2 Kultúrna kompetencia v dizajne

Inkluzivita zahŕňa aj kultúrnu kompetenciu, uznávajúc bohaté kultúrne dedičstvo a diverzitu vrámci a medzi komunitami posunkových jazykov. Posunkové jazyky nie sú len manuálne verzie hovorených jazykov; sú nezávislými jazykmi s vlastnými idiómami, humorom a kultúrnymi odkazmi. Inkluzívny dizajn musí preto zahrnúť kultúrnu kompetenciu, zabezpečujúc, že preklady nevyjadrujú len slová, ale tiež rešpektujú a odrážajú kultúrny kontext a zámer za nimi [18]. To si vyžaduje nepretržitú spoluprácu s kultúrnymi expertmi a členmi komunit posunkových jazykov, aby informovali a revidovali dizajn a obsah softvéru.

3.2.3 Dizajn pre globálnu prístupnosť

Globálna prístupnosť je kritická pre inkluzivitu, pričom zohľadňuje širokú škálu posunkových jazykov používaných po celom svete. Softvér, ktorý podporuje viacero posunkových jazykov, vrátane menej bežne používaných, výrazne zvyšuje jeho užitočnosť a dosah. Toto rozhodnutie k viacjazyčnej podpore nielen zvyšuje použiteľnosť softvéru, ale tiež potvrdzuje hodnotu jazykovej diverzity v rámci komunity hluchých [27] . Dosiahnutie tejto úrovne inkluzivity si vyžaduje rozsiahly jazykový výskum a vývoj škálovateľných technológií schopných učiť sa a prispôsobovať novým jazykom a dialektom [20] .

3.2.4 Flexibilné a prispôsobiteľné používateľské rozhrania

Inkluzívny prístup k dizajnu tiež zdôrazňuje význam flexibilných a prispôsobiteľných používateľských rozhraní (UI). Používatelia by mali mať možnosť upraviť nastavenia, ako sú preferencie jazyka, veľkosť textu, farebné schémy a rozloženie, aby vyhovovali ich individuálnym potrebám a preferenciám. Táto flexibilita zabezpečí, že softvér bude použiteľný a prístupný pre široké spektrum používateľov, vrátane tých s ďalšími zdravotnými postihnutiami alebo tých, ktorí môžu softvér používať v rôznych prostrediach [22].

3.2.5 Začlenenie mechanizmov spätnej väzby od používateľov

Na zabezpečenie inkluzivity musí softvér na preklad posunkových jazykov zahŕňať mechanizmy na zber a začlenenie spätnej väzby od používateľov. Nepretržitý dialóg s používateľmi umožňuje vývojárom lepšie pochopiť a riešiť sa rozvíjajúce potreby komunity. Mechanizmy spätnej väzby môžu mať rôzne formy, od nástrojov spätnej väzby v aplikácii po komunitné fóra a testovacie relácie s používateľmi. Tento iteratívny proces nielen zlepšuje funkčnosť a použiteľnosť softvéru, ale tiež podporuje pocit vlastníctva a zapojenia medzi používateľmi, prispievajúc k inkluzívnejšiemu vývojovému procesu [23].

3.2.6 Advokácia za inkluzívne politiky a štandardy

Napokon, advokácia za inkluzívne politiky a štandardy zohráva kľúčovú úlohu pri propagácii vývoja a prijatia prístupných technológií na preklad posunkových jazykov. Vývojári a zainteresované strany sa môžu zapojiť do rokovaní s tvorcami politik a organizáciami na ochranu práv zdravotne postihnutých, aby presadzovali štandardy, ktoré zabezpečujú, že technológie sú navrhnuté s ohľadom na inkluzivitu. Toto spoločné úsilie môže pomôcť stanoviť usmernenia a osvedčené postupy pre inkluzívny dizajn v softvéri na preklad posunkových jazykov, podporujúc priemyselné prijatie týchto princípov [26].

3.2.7 Záver

Inkluzivita v dizajne softvéru na preklad posunkových jazykov vyžaduje komplexný a mnohostranný prístup, ktorý zahŕňa kultúrnu kompetenciu, globálnu prístupnosť, prispôsobiteľné používateľské rozhrania a aktívne zapojenie používateľov. Dávaním priority týmto princípom môžu vývojári vytvoriť technológie, ktoré nielen vyhovujú praktickým potrebám rozmanitých skupín používateľov, ale tiež rešpektujú a oslavujú bohatú kultúrnu diverzitu komúní posunkových jazykov. Dosiachnutie inkluzivity v dizajne predstavuje výzvu aj príležitosť pre vytvorenie efektívnejších, posilňujúcich a univerzálne prístupných nástrojov na preklad.

3.3 Presnosť a spoľahlivosť

Vo vývoji softvéru na preklad posunkových jazykov sú presnosť a spoľahlivosť najvyššou prioritou. Táto kapitola sa ponorí do kritickej dôležitosti týchto aspektov, skúma výzvy a stratégie zabezpečenia, aby softvér na preklad mohol verne a konzistentne prekladať posunkový jazyk na hovorený alebo písaný jazyk a naopak.

3.3.1 Význam presnosti v preklade posunkového jazyka

Presnosť v preklade posunkového jazyka je základom efektívnej komunikácie medzi hluchými a počujúcimi jedincami. Presné preklady zabezpečujú, že zamýšľaná správa je prenesená bez skreslenia, nedorozumenia alebo zjednodušenia. To si vyžaduje hlboké porozumenie jazykovým jemnostiam posunkových jazykov, vrátane gramatiky, syntaxy a idiómov, ako aj integráciu ne-manuálnych ukazateľov, ako sú mimické výrazy a postoj tela. Výzvou je vyvinúť softvér schopný presne zachytiť a interpretovať tieto komplexné prvky [22].

3.3.2 Výzvy pri dosahovaní vysokej presnosti

Jednou z hlavných výziev dosiahnutia vysokej presnosti v preklade posunkového jazyka je inherentná diverzita a komplexnosť posunkových jazykov. Každý posunkový jazyk má svoju jedinečnú štruktúru a slovník, a dokonca aj v rámci jedného jazyka môžu existovať regionálne dialekty a individuálne variácie v štýle podpisovania. Navyše, ne-manuálne ukazatele, ktoré sú kľúčové pre prenos gramatických informácií a emocionálnych nuáns, pridávajú ďalšiu vrstvu zložitosti do procesu prekladu [20].

Ďalšou významnou výzvou je kontextová povaha posunkového jazyka. Význam znaku sa môže meniť v závislosti od kontextu, v ktorom je použitý, čo si vyžaduje, aby softvér na preklad nielen rozpoznal samotný znak, ale aj porozumel jeho významu v danej situácii. To si vyžaduje sofistikované algoritmy schopné kontextovej analýzy a interpretácie.

3.3.3 Stratégie pre zvýšenie presnosti

Na zvýšenie presnosti softvéru na preklad posunkových jazykov sú potrebné sofistikované technologické riešenia a hlboká spolupráca s jazykovými expertmi aj komunitou hluchých [20].

Tu sú podrobnejšie stratégie, ktoré môžu vývojári využiť:

- Pokročilé modely strojového učenia: Využitie najmodernejších modelov strojového učenia, ktoré môžu spracovať komplexné vzorce a učiť sa z rozsiahlych dátových súborov, je kľúčové. Tieto modely môžu byť trénované na rozsiahlych zbierkach údajov o posunkovom jazyku, zahŕňajúc širokú škálu znakov, dialektov a ne-manuálnych ukazateľov. Techniky, ako je deep learning, môžu softvéru umožniť rozpoznať jemné nuansy v posunkovom jazyku, čím sa zvyšuje jeho presnosť v priebehu času.
- Algoritmy pre analýzu kontextu: Vyvinutie algoritmov schopných analýzy kontextu môže výrazne zvýšiť presnosť prekladu. Tieto algoritmy môžu interpretovať kontext okolo znaku, vrátane predchádzajúcich a nasledujúcich znakov, aby pochopili jeho správny význam v danej situácii. To je obzvlášť dôležité pre znaky, ktoré majú viacero významov v závislosti od kontextu.
- Integrácia ne-manuálnych ukazateľov: Začlenenie technológie, ktorá dokáže presne detekovať a interpretovať ne-manuálne ukazatele - ako sú mimické výrazy a postoj tela - je kľúčové. To môže zahŕňať sofistikované techniky počítačového videnia a senzory, ktoré môžu zachytiť tieto jemné aspekty posunkového jazyka, poskytujúc bohatší dátový súbor pre algoritmy na preklad.

3.3.4 Zaistenie spoľahlivosti v rozmanitých prostrediach

Spoľahlivosť v softvéri na preklad posunkových jazykov odkazuje na konzistentný výkon softvéru v rôznych nastaveniach a podmienkach. To zahŕňa variácie v osvetlení, hluku v pozadí a fyzickom prostredí, ako aj rozdiely v štýloch a rýchlostiach znakovania používateľov. Aby sa zabezpečila spoľahlivosť, vývojári musia navrhnúť softvér, ktorý je robustný a prispôsobivý, schopný efektívne fungovať v širokej škále situácií [23].

3.3.5 Úloha testovania a spätnej väzby

Komplexné testovanie a spätná väzba od používateľov sú kľúčové pre hodnotenie a zlepšovanie presnosti a spoľahlivosti softvéru na preklad posunkových jazykov. Prostredníctvom rozsiahleho testovania môžu vývojári identifikovať a riešiť problémy, ktoré môžu ovplyvniť výkon softvéru. Spätná väzba od používateľov, najmä od jednotlivcov v komunite hluchých, môže poskytnúť vhľady do praktickej efektívnosti softvéru a oblastí, kde sú potrebné zlepšenia [23] .

3.3.6 Záver

Presnosť a spoľahlivosť sú kľúčové pre úspech softvéru na preklad posunkových jazykov. Riešením výziev dosiahnutia vysokej presnosti a zabezpečením konzistentného výkonu v rozmanitých nastaveniach môžu vývojári vytvoriť efektívnejšie a spoľahlivejšie nástroje na preklad. Vyžaduje si to kombináciu pokročilej technológie, spolupráce s expertmi a neustáleho testovania a spätnej väzby. Týmito úsiliami môžu vývojári vytvoriť softvér, ktorý skutočne vyhovuje potrebám komunit hluchých a počujúcich, uľahčujúc jasnú a efektívnu komunikáciu.

3.4 Návrh multimodálnej interakcie

V oblasti softvéru na preklad posunkových jazykov nie je navrhovanie multimodálnej interakcie len inovatívnym prístupom, ale nevyhnutnosťou. Táto kapitola skúma princípy a postupy zapojené do tvorby multimodálnych rozhraní, ktoré zohľadňujú potreby hluchých aj počujúcich používateľov, čím obohacujú komunikačný zážitok a zvyšujú použiteľnosť a prístupnosť softvéru.

3.4.1 Základy multimodálnej interakcie

Multimodálna interakcia v softvéri na preklad posunkových jazykov sa týka integrácie viacerých spôsobov komunikácie, vrátane vizuálneho (posunkový jazyk, text), zvukového (hovorený jazyk, zvukové upozornenia) a hmatového (haptická spätná väzba) rozhrania. Tento prístup uznáva rozmanité preferencie a potreby používateľov, ponúka im rôzne spôsoby, ako interagovať so softvérom. Kľúčovým základom efektívneho multimodálneho dizajnu je princíp ekvivalencie, ktorý zabezpečuje, že informácie sú plne prístupné prostredníctvom každého režimu, poskytujúc používateľom rovnaký user experience bez ohľadu na ich zvolený spôsob interakcie [29] .

3.4.2 Vizuálny dizajn pre pochopenie posunkového jazyka

Vizuálne komponenty zohrávajú kľúčovú úlohu v softvéri na preklad posunkových jazykov, pretože slúžia ako primárny spôsob komunikácie pre nepočujúcich používateľov. Dizajn vizuálnych rozhraní by mal zdôrazňovať jasnosť a ľahkosť pochopenia, zahŕňajúc kvalitné video pre vstup a výstup posunkového jazyka, jasný a čitateľný text pre preložený obsah a intuitívne ikony a grafiku. Navyše, využitie rozšírenej reality (AR) môže ponúknuť inovatívne spôsoby prezentácie prekladov posunkového jazyka, napríklad preníšanie virtuálnych tlmočníkov do prostredia používateľa pre viac pohlcujúci zážitok [21] .

3.4.3 Zvuková spätná väzba a výstup hovoreného jazyka

Pre počujúcich používateľov sú zvuková spätná väzba a výstup hovoreného jazyka nevyhnutnými prvkami multimodálnej interakcie. Softvér by mal poskytovať prirodzene znejúcu syntézu reči pre preložený obsah, s možnosťami úpravy hlasitosti, rýchlosti a typu hlasu podľa preferencií používateľa. Zvukové upozornenia môžu tiež informovať používateľov o stave systému alebo chybách, zabezpečujúc, že sú informovaní a zapojení. Výzvou je zabezpečiť, aby zvuková spätná väzba nebola rušivá a aby dopĺňala vizuálne a hmatové komponenty rozhrania bezproblémovo [22].

3.4.4 Hmatová spätná väzba pre zvýšenie interakcie

Hmatová spätná väzba, alebo haptická spätná väzba, môže výrazne zlepšiť používateľský zážitok poskytovaním fyzických pocitov, ktoré zodpovedajú akciám alebo udalostiam na obrazovke. Táto funkcia je obzvlášť užitočná pre používateľov so zrakovými postihnutiami alebo v situáciách, keď je vizuálna pozornosť rozdelená. Haptická spätná väzba môže potvrdiť vstupy používateľov, indikovať posun v konverzácii alebo upozorniť na chyby, poskytujúc ďalšiu úroveň interakcie, ktorá obohacuje použiteľnosť softvéru [30] .

3.4.5 Začleňovanie preferencií používateľov a prispôsobenie

Multimodálne rozhranie musí byť prispôsobiteľné individuálnym preferenciám a potrebám používateľov, umožňujúc rozsiahle prispôsobenie režimov interakcie. Používatelia by mali byť schopní konfigurovať svoje preferované komunikačné režimy, upravovať nastavenia pre vizuálne zobrazenie a zvukovú spätnú väzbu a personalizovať intenzitu hmatovej spätnej väzby. Táto úroveň prispôsobenia zabezpečuje, že softvér dokáže uspokojiť širokú škálu používateľov, vrátane tých s dodatočnými postihnutiami, čo ho robí skutočne inkluzívnym [22].

3.4.6 Výzvy a úvahy pri multimodálnom dizajne

Navrhovanie pre multimodálnu interakciu predstavuje niekoľko výziev, vrátane zabezpečenia konzistencie medzi režimami, zvládania kognitívnej záťaže na používateľov a integrácie rôznych režimov interakcie bez toho, aby používateľ a preťažili aplikačný systém. Vývojári musia starostlivo zvažovať rovnováhu informácií prezentovaných cez každý režim, zabezpečujúc, aby sa dopĺňali namiesto toho, aby si navzájom konkurovali. Navyše, technická zložitosť implementácie multimodálnych rozhraní vyžaduje robustnú softvérovú architektúru, ktorá dokáže zvládnuť spracovanie v reálnom čase a výstup pre viaceré režimy interakcie súčasne [20].

- Konzistencia naprieč režimami: Dosiahnutie konzistencie naprieč rôznymi režimami interakcie je náročné, no kľúčové. Nezrovnalosti môžu viesť k zmätku a znižovať schopnosť používateľa plynule prechádzať medzi režimami. Zabezpečenie, že vizuálne, zvukové a hmatové spätné väzby poskytujú ekvivalentné informácie, si vyžaduje dôkladné plánovanie a dizajn.
- Manažment kognitívnej záťaže: Vyváženie kognitívnej záťaže je nevyhnutné v multimodálnom dizajne. Poskytovanie viacerých režimov interakcie zvyšuje riziko preťaženia používateľov informáciami. Vývojári musia starostlivo kurátovať obsah prezentovaný cez každý režim, aby sa dopĺňali namiesto toho, aby si navzájom konkurovali, zabezpečujúc, že používatelia môžu spracovať informácie bez kognitívneho preťaženia.
- Technická zložitosť: Technická implementácia multimodálnych rozhraní zahŕňa významnú zložitosť, ktorá vyžaduje robustnú softvérovú architektúru schopnú podporovať spracovanie v reálnom čase a výstup pre viaceré režimy interakcie súčasne. Táto zložitosť vyžaduje pokročilé programátorské zručnosti a hlboké porozumenie integrácie hardvéru a softvéru.
- Prispôsobenie používateľov a preferencie: Uspokojovanie preferencií používateľov a umožnenie rozsiahleho prispôsobenia predstavuje ďalšiu vrstvu zložitosti. Používatelia by mali byť schopní prispôbiť si režimy interakcie, nastaviť nastavenia a prispôbiť softvér tak, aby vyhovoval ich jedinečným potrebám a situáciám. Táto úroveň prispôsobenia je nevyhnutná pre vytvorenie skutočne inkluzívneho softvéru, ale vyžaduje si flexibilný a prispôsobiteľný dizajn softvéru.

3.4.7 Záver

Navrhovanie multimodálnej interakcie v softvéri na preklad posunkových jazykov je komplexný, ale odmeňujúci podnik, ktorý sľubuje vytvorenie prístupnejších, inkluzívnejších a angažujúcejších komunikačných nástrojov. Prijatím princípov multimodálneho dizajnu môžu vývojári vyhovieť rozmanitým potrebám hluchých aj počujúcich používateľov, čím uľahčujú plynulejšiu a efektívnejšiu komunikáciu. Úspech týchto snáh závisí od hlbokého porozumenia potrieb používateľov, inovatívnych dizajnových postupov a integrácie pokročilých technológií na podporu bezproblémovej multimodálnej interakcie. S pokračujúcim výskumom a vývojom môže softvér na preklad posunkových jazykov dosiahnuť nové výšky použiteľnosti a prístupnosti, čím sa prekonajú komunikačné bariéry a podporí sa inkluzivita.

3.5 Princípy návrhu User experience (UX)

V kontexte vývoja softvéru na preklad posunkových jazykov je návrh používateľského zážitku (UX) kľúčový. Táto kapitola preskúmava princípy dizajnu UX, ktoré sú nevyhnutné pre vytvorenie efektívneho a pútavého rozhrania pre používateľov softvéru na preklad posunkových jazykov. Dobre navrhnutý UX nielen uľahčuje používanie, ale zvyšuje aj spokojnosť používateľov, prístupnosť a nakoniec efektívnosť softvéru pri preklenovaní komunikačných bariér medzi hluchými a počujúcimi používateľmi.

3.5.1 Význam UX v prekladovom softvéri

Používateľský zážitok v softvéri na preklad posunkového jazyka je kritický, pretože priamo ovplyvňuje, ako ľahko môžu používatelia interagovať s technológiou, ako efektívne môžu dosiahnuť svoje komunikačné ciele a ako uspokojivá je interakcia. Dobre navrhnutý UX zabezpečuje, že softvér je prístupný, intuitívny a reaguje na potreby rozmanitej základne používateľov, vrátane jednotlivcov, ktorí sú hluchí alebo ťažko počujúci, ich rodiny, vzdelávateľov a širšej komunity [31].

3.5.2 Prístup založený na používateľovi

V jadre efektívneho UX je prístup zameraný na používateľa. Tento proces zahŕňa pochopenie potrieb, želaní a obmedzení koncových používateľov v každej fáze dizajnerskeho a vývojového procesu. Zapojenie komunity hluchých pre získanie vhládov a spätnej väzby je nevyhnutné pre vytvorenie softvéru, ktorý je skutočne prispôsobený ich komunikačným potrebám. Tento prístup pomáha identifikovať problémové oblasti v existujúcich systémoch a iteratívne dizajnu spôsobmi, ktoré tieto problémy efektívne riešia [22].

3.5.3 Prístupnosť a inkluzívny dizajn

Prístupnosť je základným kameňom dizajnu UX v softvéri na preklad posunkových jazykov. Zabezpečenie, že softvér je použiteľný pre ľudí s rôznymi schopnosťami a postihnutiami, je kľúčové. To zahŕňa dizajn pre vizuálnu jasnosť pre používateľov, ktorí sa spoliehajú na vizuálne signály, poskytovanie zvukovej spätnej väzby, kde je to potrebné, a zabezpečenie, že softvér je navigovateľný a použiteľný pre tých s motorickými postihnutiami alebo ktorí používajú asistenčné technológie. Inkluzívny dizajn presahuje technickú prístupnosť, aby zabezpečil, že softvér je kultúrne primeraný a jazykovo rozmanitý, uznávajúci variácie v posunkových jazykoch a kultúrnych kontextoch [18].

3.5.4 Dizajn interakcie

Efektívny dizajn interakcie zabezpečuje, že používatelia môžu s softvérom interagovať intuitívne a produktívne. Prvky ako veľkosť tlačidiel, rozloženie obrazovky, presnosť rozpoznávania gest a mechanizmy spätnej väzby musia byť starostlivo zvážené, aby sa znížilo úsilie používateľov a zvýšila efektívnosť. Dizajn interakcie musí podporovať plynulú dynamiku komunikácie v posunkovom jazyku, zohľadňujúc jedinečné aspekty posunkového jazyka, ako je použitie priestoru a výrazné pohyby [20] .

3.5.5 Vizualný dizajn pre jasnosť a kontext

Vizualný dizajn v UX zahŕňa použitie typografie, farieb, rozloženia a ikon, ktoré sú jasné a zrozumiteľné pre všetkých používateľov, vrátane tých, ktorí sú hluchí alebo ťažko počujúci. Vizualy s vysokým kontrastom, veľkým textom a jasnými ikonami môžu pomôcť zvýšiť prístupnosť rozhrania. Navyše, vizualný dizajn musí účinne sprostredkovať aj kontext, najmä pri preklade medzi posunkovým a hovoreným jazykom, kde sú kontextové signály kľúčové [22].

3.5.6 Spätná väzba a úpravy v reálnom čase

Poskytovanie spätnej väzby v reálnom čase používateľom je nevyhnutné v softvéri na preklad posunkových jazykov. To môže zahŕňať vizuálnu spätnú väzbu na rozpoznávanie znakov, zvukové signály pre počujúcich používateľov a haptickú spätnú väzbu na potvrdenie akcií používateľa. Spätná väzba a úpravy v reálnom čase pomáhajú používateľom okamžite opraviť chyby, zdokonaľiť svoj vstup a naučiť sa efektívnejšie používať softvér postupom času [32] .

3.5.7 Hodnotenie a iterácia

Nepretržité hodnotenie a iteratívny redesign na základe testovania používateľov a skutočného používania sú nevyhnutné na zdokonalenie UX. Neustála spätná väzba od bežných používateľov aj profesionálnych testerov umožňuje vývojárom robiť informované vylepšenia. Tento iteratívny proces je nevyhnutný na to, aby softvér nielen splnil počiatočné dizajnové ciele, ale sa zároveň vyvíjal v reakcii na nové poznatky a potreby používateľov [23] .

3.5.8 Záver

Princípy dizajnu UX, o ktorých sa diskutuje v tejto kapitole, sú základom pre vývoj efektívneho softvéru na preklad posunkových jazykov. Sústredení sa na prístup zameraný na používateľa, zabezpečením prístupnosti, zdokonaľovaním dizajnu interakcie a vizuálov a začlenením neustálej spätnej väzby môžu vývojári vytvoriť softvér, ktorý je nielen výkonný, ale aj ľahko použiteľný. Tieto úsilie významne prispievajú k prekonávaniu komunikačných bariér, zlepšeniu interakcií a podpore inkluzivity v rámci a medzi komunitami.

3.6 Požiadavky na preklad v reálnom čase

Preklad v reálnom čase v softvéri na preklad posunkových jazykov je kritická schopnosť, ktorá výrazne zvyšuje užitočnosť a efektívnosť softvéru v každodennej komunikácii a interakciách. Táto kapitola sa zaoberá konkrétnymi požiadavkami potrebnými na implementáciu robustných funkcií prekladu v reálnom čase v softvéri na preklad posunkových jazykov. Skúma technologické, lingvistické a užívateľské rozhrania nevyhnutné pre dosiahnutie vysokej výkonnosti a spokojnosti používateľov.

3.6.1 Technické požiadavky pre spracovanie v reálnom čase

Preklad v reálnom čase vyžaduje výkonné a efektívne spracovateľské schopnosti na rýchlu interpretáciu a preklad posunkového jazyka na hovorený alebo písaný jazyk. Kľúčové technické požiadavky zahŕňajú vysokovýkonné výpočtové zdroje, optimalizované algoritmy pre rýchlosť a presnosť a integráciu s technológiami spracovania videa. Tieto systémy musia byť schopné rýchlo zachytávať a spracovávať gestá posunkového jazyka, aby umožnili plynulú komunikáciu bez postrehnutelných oneskorení [33].

- Vysokovýkonné výpočty: Pokročilý hardvér schopný rýchlo spracovávať komplexné algoritmy je kľúčový. To môže zahŕňať grafické procesory (GPU) alebo viacjadrové procesory, ktoré môžu efektívne zvládať úlohy paralelného spracovania.
- Optimalizované algoritmy: Vývoj optimalizovaných algoritmov strojového učenia, ktoré môžu rýchlo interpretovať gestá posunkového jazyka a prekladať ich na text alebo reč, je nevyhnutný. Tieto algoritmy musia byť dostatočne efektívne, aby mohli pracovať v reálnom čase na hardvéri dostupnom v typických spotrebiteľských zariadeniach [20].
- Technológie spracovania videa: Efektívne systémy prekladu v reálnom čase vyžadujú robustné schopnosti spracovania videa na presné zachytenie a interpretáciu gest posunkového jazyka. Zahŕňa to kamery s vysokým rozlíšením a softvér schopný sledovať detailné pohyby a výrazy s minimálnym oneskorením [21].

3.6.2 Lingvistická presnosť a prispôsobivosť

Dosiahnutie lingvistickej presnosti v preklade v reálnom čase zahŕňa pochopenie a správnu interpretáciu nuáns posunkového jazyka, vrátane gramatiky, syntaxy a regionálnych variácií. Softvér sa musí prispôbiť rôznym dialektom a osobným štýlom posunkovania, čo vyžaduje komplexný lingvistický model a nepretržité učenie sa.

- Komplexné lingvistické modely: Softvér by mal zahŕňať podrobné modely posunkového jazyka, ktoré pokrývajú gramatické štruktúry, slovnú zásobu a konvencie používania z viacerých posunkových jazykov a dialektov [34].
- Nepretržité učenie: Aby sa softvér na preklad v reálnom čase mohol prispôbiť individuálnym preferenciám používateľov a regionálnym variáciám, musí zahŕňať mechanizmy pre strojové učenie a adaptáciu. To zahŕňa použitie spätnej väzby od používateľov a nepretržité zbieranie dát na zlepšenie a aktualizáciu lingvistických modelov Liddell, S. K. (2003). *Grammar, Gesture, and Meaning in American Sign Language*. Cambridge University Press. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/books/grammar-gesture-and-meaning-in-american-sign-language/D0EDB5033897DE748C936F9AC271D2DF>. ISBN: 9780511615054.
- [35].

3.6.3 Dizajn užívateľského rozhrania pre interakciu v reálnom čase

Užívateľské rozhranie (UI) zohráva kľúčovú úlohu v efektívnosti softvéru na preklad v reálnom čase. UI musí byť navrhnuté tak, aby uľahčoval rýchlu a ľahkú interakciu, poskytoval jasné vizuálne spätné väzby a umožňoval používateľom ľahko opraviť chybný preklad. Mal by zohľadňovať rozmanité potreby a preferencie používateľov, vrátane nastaviteľných nastavení pre rôzne prostredia a osobné požiadavky na prístupnosť [22].

- Intuitívne rozloženie: UI by malo mať čisté a intuitívne rozloženie, ktoré uľahčuje používateľom pochopenie a reakciu na preklad v reálnom čase.
- Vizuálna spätná väzba: Poskytovanie okamžitej vizuálnej spätnej väzby na proces prekladu pomáha používateľom vidieť, keď sú ich znaky správne rozpoznané a preložené, a upozorňuje ich na akékoľvek chyby alebo nedorozumenia.
- Prispôsobiteľné nastavenia: Používatelia by mali mať možnosť prispôbiť rozhranie svojim individuálnym potrebám, ako je úprava veľkosti a kontrastu textu, výber medzi rôznymi vstupnými a výstupnými režimami a nastavenie preferencií pre štýly upozornení [36].

3.6.4 Výzvy a budúce smerovania

Implementácia prekladu v reálnom čase v softvéri na preklad posunkových jazykov predstavuje niekoľko výziev, vrátane zvládania výpočtových nárokov, zabezpečenia

presnosti prekladov za rôznych a dynamických podmienok a navrhnutia užívateľských rozhraní, ktoré efektívne podporujú interakciu v reálnom čase. Budúce pokroky by mohli využívať vznikajúce technológie, ako je rozšírená realita (AR) a pokročilé neurónové siete, aby riešili tieto výzvy [37].

3.6.4.1 Výzvy v preklade v reálnom čase

- **Výpočtové nároky:** Preklad v reálnom čase vyžaduje podstatné výpočtové zdroje na rýchle a presné spracovanie gest posunkového jazyka. To zahŕňa potrebu výkonného hardvéru a optimalizovaných algoritmov, ktoré môžu efektívne pracovať na spotrebiteľských zariadeniach bez vybitia batérie alebo vyžiadania nadmerného výpočtového výkonu.
- **Presnosť za dynamických podmienok:** Zabezpečenie presnosti prekladu v rôznych environmentálnych podmienkach—ako sú rozličné osvetlenia, pozadia a úrovne pohyblivosti používateľov—stále predstavuje významnú výzvu. Softvér musí byť dostatočne robustný, aby zvládal tieto variácie bez kompromisu na kvalite prekladu.
- **Dizajn užívateľského rozhrania (UI):** Navrhnutie efektívneho UI, ktoré podporuje interakciu v reálnom čase bez toho, aby bol používateľ zahltený, je ďalšou kľúčovou výzvou. UI musí poskytovať jasné vizuálne spätné väzby a umožňovať ľahkú opravu chybného prekladu, čo je nevyhnutné na udržanie plynulosti komunikácie v reálnych podmienkach.

3.6.4.2 Budúce smerovania v preklade v reálnom čase

- **Rozšírená realita (AR):** AR môže vylepšiť preklad v reálnom čase tým, že preložený text alebo virtuálnych tlmočníkov posunkového jazyka premietne do zorného poľa používateľa, čím poskytne integrovanejší a pútavejší komunikačný zážitok. Táto technológia by tiež mohla pomôcť presnejšie zachytiť a preložiť posunkový jazyk poskytnutím dodatočných kontextových signálov.
- **Pokročilé neurónové siete a deep learning:** Využitie sofistikovanejších architektúr neurónových sietí môže zlepšiť presnosť a rýchlosť rozpoznávania a prekladu posunkového jazyka. Tieto technológie majú potenciál lepšie pochopiť zložitosť posunkového jazyka, vrátane neverbálnych znakov a jemných nuáns v gestách.

- Edge Computing: Implementácia riešení edge computingu môže pomôcť zvládnuť výpočtové nároky prekladu v reálnom čase spracovaním údajov na lokálnych zariadeniach namiesto spoliehania sa na cloudové servery. Tento prístup môže znížiť latenciu a zlepšiť odozvu prekladového systému.
- Personalizácia prostredníctvom strojového učenia: Algoritmy strojového učenia môžu byť použité na personalizáciu prekladového zážitku pre jednotlivých používateľov. Učenie sa z interakcií každého používateľa môže systém prispôbiť svoje preklady tak, aby lepšie vyhovovali individuálnym vzorom používania jazyka, preferenciám a potrebám.
- Komplexné zapojenie používateľov: Budúce systémy by mali naďalej hlboko zapájať komunitu hluchých do procesu zlepšovania UX. Zahŕňa to pravidelnú spätnú väzbu a participatívne dizajnérske praktiky, aby sa zabezpečilo, že riešenia sú skutočne zamerané na používateľov a spĺňajú praktické potreby komunity.

3.6.5 Záver

Preklad v reálnom čase je zložitá, ale nevyhnutná funkcia pre softvér na preklad posunkových jazykov, ktorá vyžaduje pokročilú technológiu, sofistikované lingvistické modely a dizajn zameraný na používateľa. Riešením týchto komplexných požiadaviek môžu vývojári vytvoriť efektívnejšie a responzívnejšie nástroje, ktoré významne zlepšujú komunikáciu medzi hluchými a počujúcimi jedincami, čím podporujú väčšiu inkluzivitu a porozumenie.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 TECHNICKÉ A SOFTVÉROVÉ POŽIADAVKY NA NAVRHOVANÝ SOFTWARE

4.1 Architektúra systému a dizajn

4.1.1 Prehľad architektúry navrhovaného softvéru

Architektúra navrhovaného softvéru na preklad posunkovej reči je navrhnutná tak, aby zvládla zložitosti a požiadavky spracovania a prekladu posunkovej reči do hovorenej a písanej reči v reálnom čase. Táto architektúra zahŕňa niekoľko kľúčových komponentov rozložených v modeli klient-server, pričom využíva kombináciu edge a cloud computingu, aby maximalizovala efektivitu a škálovateľnosť. Tu je podrobný prehľad jednotlivých hlavných komponentov a ich funkcií:

1. Klientská aplikácia

- **Funkcionalita:** Klientská aplikácia je zodpovedná za zachytávanie živého video vstupu zo zariadenia používateľa, ktoré zahŕňa gestá a výrazy používané v posunkovej reči. Tento komponent beží na zariadeniach používateľa, ako sú smartfóny, tablety alebo počítače.
- **Technológie:** Využíva vstavanú kameru a senzory zariadenia na zachytávanie videa a možno aj ďalšie formy vstupu, ako sú audio alebo dotykové interakcie. Rozhranie je vyvinuté pomocou rámcov ako React alebo Flutter, aby sa zabezpečila responzivnosť a prístupnosť užívateľského rozhrania na rôznych zariadeniach a platformách.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <body>
4
5 <video id="video" width="640" height="480" autoplay></video>
6
7 <script>
8   var video = document.getElementById('video');
9
10  // Get access to the camera!
11  if(navigator.mediaDevices && navigator.mediaDevices.getUserMedia) {
12    navigator.mediaDevices.getUserMedia({ video: true }).then(function(stream) {
13      video.srcObject = stream;
14      video.play();
15    });
16  }
17 </script>
18
19 </body>
20 </html>
```

Obrázek 3: Zachytávanie videa na strane klienta (JavaScript + HTML5)

Tento HTML a JavaScript kód sa môže použiť na zachytenie videa z webkamery používateľa. Je zásadný pre softvér na preklad posunkovej reči, pretože poskytuje živý prenos videa potrebný na rozpoznávanie posunkovej reči:

- HTML5 Video Element: Tu sa zobrazuje video prúd z webkamery v prehliadači.
- JavaScript MediaDevices API: Táto časť kódu získava prístup k webkamere používateľa. Metóda `getUserMedia` je volaná s `{ video: true }` na špecifikáciu, že potrebujeme video vstup (bez audia). Ak je prístup povolený, prúd je nastavený ako zdrojový objekt videového elementu a prehrávanie začne automaticky.

Toto nastavenie je kritické pre zachytávanie živého vstupu od používateľa, ktorý je potom spracovaný pre rozpoznávanie posunkov.

Real-time spätná väzba a oprava chýb (JavaScript)

```
1  function updateFeedback(message, isError) {
2      const feedbackElement = document.getElementById('feedback');
3      feedbackElement.innerText = message;
4      feedbackElement.style.color = isError ? 'red' : 'green';
5  }
6
7  function processSignRecognitionResult(result) {
8      if (result.error) {
9          updateFeedback('Error recognizing sign. Please try again.', true);
10     } else {
11         updateFeedback(`Sign recognized: ${result.sign}`, false);
12     }
13 }
14
15 // Dummy result from sign recognition
16 const result = { sign: 'Hello', error: null };
17 processSignRecognitionResult(result);
```

Obrázek 4: Real-time spätná väzba a oprava chýb (JavaScript)

Tento JavaScript kód spravuje real-time spätnú väzbu v používateľskom rozhraní, čo je zásadné pre interaktívne aplikácie:

- Funkcia Update Feedback: Aktualizuje prvok zobrazenia spätnej väzby v UI s odkazom a farebne ho označí ako chybu (červená) alebo normálnu správu (zelená).
- Spracovanie výsledku rozpoznávania znakov: Táto funkcia interpretuje výsledok procesu rozpoznávania znakov. Ak je prítomná chyba, volá `updateFeedback` s chybovou správou; inak zobrazuje rozpoznávaný znak.

Tento mechanizmus spätnej väzby je vitálny pre interakciu používateľa, umožňujúc používateľom okamžite vedieť, či systém správne pochopil ich vstup alebo či je potrebné riešiť chyby.

Integrácia užívateľských preferencií a prispôsobenie (JavaScript)

```
1 // Function to apply user preferences
2 function applyUserPreferences(preferences) {
3     const videoElement = document.getElementById('video');
4     videoElement.style.filter = preferences.highContrast ? 'contrast(150%)' : 'none';
5     document.body.style.fontSize = preferences.largeText ? '18px' : '14px';
6 }
7
8 // Example user preferences
9 const userPreferences = {
10     highContrast: true,
11     largeText: true
12 };
13
14 applyUserPreferences(userPreferences);
```

Obrázek 5: Integrácia užívateľských preferencií a prispôsobenie (JavaScript)

Tento kód ilustruje, ako môžu byť preferencie používateľa aplikované na prispôsobenie rozhrania softvéru:

- Funkcia Apply User Preferences: Aplikuje nastavenia špecifikované používateľom, ako sú vysoký kontrast a veľký text. Tieto nastavenia upravujú CSS vlastnosti relevantných elementov, aby vyhoveli potrebám používateľa.
- Prispôsobiteľné nastavenia: V tomto príklade sú vizuálne úpravy vykonané na základe preferencií pre vysoký kontrast a veľkosť veľkého textu, ktoré sú dôležité pre prístupnosť a personalizáciu.

2. Modul spracovania videa

- Funkcionalita: Tento modul spracováva video stream v reálnom čase na detekciu a sledovanie gest posunkovej reči. Predspracováva video dáta na zlepšenie kvality obrazu a optimalizuje ich pre rozpoznávanie gest.
- Technológie: OpenCV sa používa na úvodné úlohy spracovania video streamu, ako je segmentácia obrazu, redukcia šumu a detekcia pohybu. Táto fáza pripravuje dáta na zložitejšiu analýzu v ďalších krokoch.

Predspracovanie videa s OpenCV (Python)

Pomocou OpenCV v Pythone tento kód demonštruje jednoduchý prístup k predspracovaniu video rámcov prevodom do odtieňov šedej, čo môže pomôcť znížiť výpočtové zaťaženie pre následné spracovanie.

```
import cv2

def preprocess_frame(frame):
    # Convert the image to grayscale
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    # Apply Gaussian blur to smoothen the image
    blurred = cv2.GaussianBlur(gray, (5, 5), 0)
    return blurred

# Capture video from webcam
cap = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if ret:
        processed_frame = preprocess_frame(frame)
        cv2.imshow('Processed Frame', processed_frame)

        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
            break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Obrázek 6: Predspracovanie videa s OpenCV (Python)

Tento Python útržok používa OpenCV, výkonnú knižnicu pre spracovanie obrazu a videa, na predspracovanie video rámcov. Toto predspracovanie je kritickým krokom pred tým, ako sú dáta poskytnuté modelu na rozpoznávanie posunkovej reči:

- Konvertovanie na odtiene šedej: Týmto sa video redukuje z troch farebných kanálov na jeden, čo zjednodušuje dáta a znižuje výpočtovú zložitosť.
- Gaussovo rozostrenie: Tento krok vyhladzuje obraz, čo redukuje šum a úroveň detailov, čo môže pomôcť zvýšiť presnosť následných procesov rozpoznávania.

Funkcia `preprocess_frame` berie video rámec, spracováva ho a vracia upravený rámec, pripravený na ďalšiu analýzu alebo ako vstup do strojového učenia.

4.1.1.1 Modul rozpoznávania posunkovej reči

- Funkcionalita: Tento základný modul používa algoritmy deep learning na interpretáciu predspracovaných video dát, identifikáciu konkrétnych znakov a ich postupností. Dekóduje gestá do formátu, ktorý môže byť preložený do hovorenej alebo písanej reči.
- Technológie: Na beh konvolučných neurónových sietí (CNN) alebo rekurentných neurónových sietí (RNN), ktoré boli trénované na rozsiahlych datasetoch gest posunkovej reči, sa používajú rámce TensorFlow alebo PyTorch. Tieto modely sú schopné porozumieť rôznym dynamikám posunkovej reči vrátane nuáns a jemností v rôznych posunkových jazykoch.

Rozpoznávanie posunkovej reči s TensorFlow (Python)

Tu je zjednodušený príklad použitia predtrénovaného modelu v TensorFlow na rozpoznávanie gest posunkovej reči z video rámcov.

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import load_model
import numpy as np
import cv2

# Load a pre-trained sign language recognition model
model = load_model('path_to_model.h5')

def predict_sign(frame):
    # Assume frame is preprocessed
    frame = cv2.resize(frame, (224, 224)) # Resize to model's expected input size
    frame = frame.reshape((1, 224, 224, 3)) # Reshape for model
    prediction = model.predict(frame)
    sign_class = np.argmax(prediction) # Assuming classification task
    return sign_class

# Dummy function to simulate capturing a frame
def capture_frame():
    return np.random.rand(224, 224, 3) * 255 # Dummy data

# Simulate prediction
frame = capture_frame()
sign = predict_sign(frame)
print(f"Predicted sign class: {sign}")
```

Obrázek 7: Rozpoznávanie posunkovej reči s TensorFlow (Python)

Tento kód ukazuje, ako použiť predtrénovaný model hlbokého učenia s TensorFlow na rozpoznávanie gest posunkovej reči z video rámcov:

- Načítanie modelu: Model - predpokladá sa, že bol trénovaný na dátach posunkovej reči, je načítaný z disku.

- Funkcia Predict Sign: Táto funkcia berie jeden video rámeč, pedspracuje ho (zmena veľkosti a preformátovanie) a potom použije model na predpovedanie gesta posunkovej reči. Metóda predict vracia pravdepodobnosti pre možné triedy, a np.argmax vyberie index s najvyššou pravdepodobnosťou, identifikujú triedu znaku.

Tento kód je zásadný pre základnú funkcionality softvéru, prekladajúc vizuálne dáta posunkovej reči na interpretabilné výsledky.

3. Prekladový motor

- Funkcionalita: Po rozpoznaní a dekódovaní znakov prekladový motor ich prekladá do cieľovej hovorenej alebo písanej reči. Toto zahŕňa nielen doslovný preklad, ale aj kontextuálne porozumenie, aby sa zabezpečilo, že prenesená správa je presná a dbá na kultúrne nuansy.
- Technológie: Na spracovanie prekladu textu z kontextu posunkovej reči do cieľového jazyka sa používajú nástroje a knižnice pre spracovanie prirodzeného jazyka (NLP), ako sú NLTK alebo spaCy. Toto môže zahŕňať aj integráciu s existujúcimi prekladovými službami, ako je Google Translate API, pre rozšírenú podporu jazykov.

4. Vrstva správy dát

- Funkcionalita: Táto vrstva riadi tok dát v systéme a zabezpečuje, že ukladanie a získavanie dát je efektívne a bezpečné. Spravuje užívateľské profily, historické dáta a analytiku systému.
- Technológie: Databázy ako PostgreSQL pre štruktúrované ukladanie dát a MongoDB pre neštruktúrované dáta zabezpečujú robustnú správu dát. Táto vrstva je kľúčová pre personalizáciu a nepretržité učenie sa systému.

5. Infraštruktúra cloud computingu a edge computingu

- Funkcionalita: Na minimalizáciu latencie a správu výpočtovej záťaže systém používa kombináciu riešení cloud computingu a edge computingu. Edge computing sa používa na spracovanie dát v reálnom čase blízko zdroja dát (t.j. na lokálnych zariadeniach alebo blízkyh edge serveroch), zatiaľ čo zložitejšie úlohy spracovania a ukladanie sú spravované v cloude.
- Technológie: Platformy ako AWS alebo Google Cloud sa používajú na hostovanie a správu zdrojov cloud computingu, zatiaľ čo edge zariadenia sú vybavené špecializovaným hardvérom, ako sú GPU, na spracovanie videa a dát na mieste.

6. Škálovateľnosť a modularita

- Prístup: Systém je navrhnutý ako modulárny, čo umožňuje samostatné aktualizácie alebo škálovanie jednotlivých komponentov podľa pokroku technológie alebo podľa zmeny potrieb používateľov. Použitie architektúry mikroslužieb umožňuje systému rozšíriť špecifické funkcionality počas najvyššieho dopytu, čím sa zvyšuje celková odolnosť a efektívnosť systému.

Táto architektúra podporuje spracovanie a preklad posunkovej reči do hovorenej a písanej reči v reálnom čase tým, že efektívne koordinuje medzi operáciami na strane klienta a serveru, využíva pokročilé technológie a metodológie na zvládnutie špecifických výziev rozpoznávania a prekladu posunkovej reči.

4.1.2 Výber vzorov dizajnu a rámcov

Na zvládnutie komplexnosti spojenej s prekladom v reálnom čase bude softvér využívať vzor návrhu Model-View-Controller (MVC). Tento vzor umožňuje oddelenie záležitostí, čo umožňuje nezávislý vývoj, testovanie a údržbu každej komponenty:

- Model: Spravuje dáta a logiku aplikácie. V tomto prípade bude spracovávať vstupy posunkovej reči, vrátane algoritmov na rozpoznávanie gest a preklad.
- View: Zaoberá sa užívateľským rozhraním a logikou prezentácie. Zobrazí preložený text alebo hovorené slová a zbiera spätnú väzbu od používateľov.
- Controller: Pôsobí ako rozhranie medzi Modelom a Controllerom, spracováva užívateľské vstupy z View, odovzdáva ich Modelu a aktualizuje View podľa zmien z Modelu.

Pre vývojový rámec systém využije TensorFlow a OpenCV na úlohy strojového učenia a spracovania videa. Tieto komponenty systému poskytujú robustné, škálovateľné možnosti na zvládnutie zložitých výpočtov a videoanalýzy potrebných pre preklad v reálnom čase.

4.1.3 Škálovateľnosť a modularita systému

Škálovateľnosť sa dosahuje využitím cloudových výpočtových prostredí, ktoré umožňujú systému zvládať premenné zaťaženie škálovaním výpočtových zdrojov nahor alebo nadol na základe dopytu. To je kritické pre zvládnutie náročných spracovateľských úloh počas špičkových časov bez kompromisu na výkone.

Modularita je zabezpečená návrhom každej hlavnej funkcionality — spracovanie vstupov, spracovanie prekladu a generovanie výstupu — ako samostatných modulov. To nielenže zjednodušuje údržbu a aktualizácie, ale tiež umožňuje, aby boli časti systému nezávisle vymeniteľné alebo aktualizované, keď sa objavia nové technológie alebo zlepšenia.

Technológie a nástroje

- Strojové učenie: Na vývoj a tréning deep learning modelov, ktoré môžu presne interpretovať posunkový jazyk, sa použije TensorFlow.
- Spracovanie videa: Na zachytávanie a spracovanie video streamov v reálnom čase sa využije OpenCV, aby sa detekovali a interpretovali gestá posunkového jazyka.
- Serverová architektúra: Servery budú hostované na cloudovej platforme ako AWS alebo Google Cloud, aby využili ich škálovateľné výpočtové zdroje a vysokú dostupnosť.

```
import tensorflow as tf

def create_model():
    model = tf.keras.Sequential([
        tf.keras.layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(64, 64, 3)),
        tf.keras.layers.MaxPooling2D(2, 2),
        tf.keras.layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
        tf.keras.layers.MaxPooling2D(2, 2),
        tf.keras.layers.Flatten(),
        tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'),
        tf.keras.layers.Dense(10, activation='softmax') # Assuming 10 classes for different gestures
    ])
    return model

model = create_model()
model.compile(optimizer='adam', loss='sparse_categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
print("Model created successfully.")
```

Obrázek 8: Inicializácia modelu TensorFlow pre rozpoznávanie gest posunkového jazyka

Tento príklad nastavuje základnú konvolučnú neurónovú sieť (CNN) na rozpoznávanie gest posunkového jazyka z video rámcov. Sieť obsahuje konvolučné vrstvy na extrakciu vlastností a husté vrstvy na klasifikáciu.

Táto kapitola stanovuje základný dizajn a technológie pre navrhovaný softvér na preklad posunkového jazyka, s cieľom dosiahnuť robustnosť, škálovateľnosť a modularitu na efektívne zvládnutie zložitostí prekladu posunkového jazyka v reálnom čase. Nasledujúce kapitoly sa budú zaoberať konkrétnymi návrhmi užívateľského rozhrania, výpočtovými požiadavkami a podporou jazyka, aby ďalej rozpracovali schopnosti systému.

4.1.4 Nadväznosť na teoretickú časť tejto práce

Navrhovaný softvér na preklad posunkovej reči je navrhnutý tak, aby reagoval na požiadavky a úvahy stanovené v predchádzajúcich častiach úlohy: Štúdium terminológie, Štúdium problémov spojených s kontextom práce a Potreby aplikácie. Každá časť dizajnu a implementácie odráža poznatky a potreby identifikované v týchto základných štúdiách.

Štúdium terminológie

Táto časť zdôraznila dôležitosť porozumenia a správnej implementácie špecifických termínov používaných v posunkových jazykoch, aby sa zabezpečili presné preklady. Architektúra softvéru zahŕňa:

- **Lingvistické modely:** Pokročilé strojové učenie modelov, ktoré sú trénované na rozsiahlych datasetoch pokrývajúcich široký rozsah znakov vrátane regionálnych dialektov a osobných gest. Tieto modely pomáhajú presne interpretovať zložitú gramatiku, syntax a idiomatiku jedinečnú pre každý posunkový jazyk.
- **Neustále učenie:** Systém je navrhnutý tak, aby sa neustále učil a prispôboval, čím zlepšuje svoju slovnú zásobu a presnosť v priebehu času, čo je nevyhnutné pre udržanie kroku s lingvistickým vývojom a preferenciami používateľov.

Štúdium problémov spojených s kontextom práce

Táto časť zdôraznila rôzne praktické výzvy a kontextové problémy, ktoré je potrebné zväžiť pri vývoji softvéru na preklad. Navrhovaný softvér rieši tieto problémy prostredníctvom:

- **Spracovania v reálnom čase:** Výkonné výpočtové zdroje a optimalizované algoritmy zabezpečujú, že preklad prebieha s minimálnym oneskorením, čo je kľúčové pre udržanie prirodzeného toku konverzácie v aplikáciách v reálnom čase.

- Kontextovej a kultúrnej presnosti: Integráciou spätných väzieb a zapojením odborníkov a členov komunity do neustáleho vývojového procesu zostáva softvér citlivý na kultúrne nuansy a kontextovo presný vo svojich prekladoch.

Potreby aplikácie

Táto časť podrobne opisuje špecifické potreby používateľov a požiadavky na aplikáciu, ktoré musí softvérový systém splniť, aby bol účinný a prijatý širokou verejnosťou. Softvérový systém rieši tieto potreby prostredníctvom:

- Dizajnu zameraného na používateľa: Architektúra systému zdôrazňuje ľahko použiteľné, intuitívne rozhrania s prispôsobiteľnými nastaveniami, ktoré umožňujú používateľom prispôbiť softvér svojim osobným a environmentálnym potrebám. To zahŕňa vizuálne adaptácie pre používateľov s rôznymi vizuálnymi schopnosťami a preferenciami.
- Multimodálna interakcia: Odrážajúc rozmanité spôsoby, akými môžu používatelia interagovať so systémom, softvér zahŕňa vizuálne, zvukové a hmatové spätné väzby, zabezpečujúc, že je prístupný a priateľský pre hluchých aj počujúcich používateľov.
- Bezpečnosť a ochrana súkromia: Integrované robustné opatrenia na ochranu dát zabezpečujú súkromie a bezpečnosť používateľských údajov, riešia obavy týkajúce sa dôvernosti a dôvery v používanie softvéru.

Integrácia a holistický prístup

Architektúra a funkcie navrhovaného softvéru nie sú len reakciami na izolované potreby, ale sú súčasťou holistického prístupu k budovaniu komplexného riešenia, ktoré integruje lingvistickú presnosť, technickú robustnosť, dizajn zameraný na používateľa a kontextovú citlivosť. Táto integrácia zabezpečuje, že softvér nielen efektívne funguje ako prekladový nástroj, ale tiež rešpektuje a zlepšuje komunikačný zážitok svojich používateľov, podporuje inkluzivitu a prístupnosť naprieč rozmanitými skupinami používateľov.

Na záver, dizajn a vývoj navrhovaného softvéru priamo vychádzajú a budujú na podrobných štúdiách a analýzach vykonaných v skorších častiach úlohy. Predstavuje premyslenú a informovanú odpoveď na zložité potreby prekladu posunkovej reči v reálnom čase, zabezpečujúc, že konečný produkt je nielen praktický, ale aj transformatívny pri uľahčovaní komunikácie medzi hluchými a počujúcimi jedincami.

4.2 Uživatelské rozhranie a zážitok

Vytvorenie efektívneho užívateľského rozhrania a zážitku (UI/UX) pre softvér na preklad posunkovej reči vyžaduje starostlivé zváženie potrieb hluchých aj počujúcich používateľov. Táto kapitola opisuje princípy, ktoré riadia návrh UI/UX, s dôrazom na prístupnosť, možnosti prispôsobenia a mechanizmy okamžitej spätnej väzby, ktoré zlepšujú interakciu a učenie používateľov.

4.2.1 Princípy návrhu UI/UX pre softvér na preklad posunkovej reči:

4.2.1.1 Jasnosť a jednoduchosť

- Cieľ: znížiť kognitívnu záťaž a uľahčiť používanie softvéru.
- Implementácia: dizajnové prvky by mali byť jednoduché, vyhýbať sa zbytočnej komplexnosti v navigácii alebo operáciach. Informácie by mali byť prezentované jasne, použitím jednoduchého jazyka a symbolov. Menu a možnosti by mali byť dobre organizované a predvídateľné, aby uľahčili ľahké učenie sa a zapamätanie navigačných ciest.

4.2.1.2 Konštantnosť

- Cieľ: zaistiť, aby aplikácia fungovala predvídateľným spôsobom naprieč rôznymi použitými prvkami.
- Implementácia: konzistentný dizajn naprieč všetkými stránkami a funkciami pomáha používateľom rýchlo si vyvinúť spôsoby používania. To zahŕňa konzistentné farebné schémy, výber písma, štýly tlačidiel a správanie sa ako gestá ťuknutia alebo kliknutia.

4.2.1.3 Spätná väzba

- Cieľ: informovať používateľov o tom, čo sa deje, poskytnúť informácie a znížiť chyby.
- Implementácia: okamžitá spätná väzba pre akcie (napr. Vizuálne potvrdenie, keď je znak rozpoznaný alebo chybové hlásenie, ak zlyhá preklad) pomáha používateľom pochopiť súčasný stav systému. To môže zahŕňať zvukové signály pre počujúcich používateľov a vizuálnu alebo hmatovú spätnú väzbu pre hluchých používateľov.

```
1 <script>
2   function displayFeedback(message, isSuccess) {
3       const feedbackContainer = document.getElementById('feedback');
4       feedbackContainer.textContent = message;
5       feedbackContainer.style.color = isSuccess ? 'green' : 'red';
6   }
7
8   // Simulate a feedback after a translation attempt
9   setTimeout(() => {
10      displayFeedback('Sign recognized successfully!', true);
11  }, 1000);
12 </script>
```

Obrázek 9: Spracovanie spätnej väzby v reálnom čase z procesu rozpoznávania posunkovej reči a jej priame zobrazenie na webovej stránke (javascript)

4.2.1.4 Prístupnosť

- Cieľ: zaistiť, aby softvér mohli používať ľudia s rôznymi schopnosťami a preferenciami, vrátane tých s vizuálnymi, sluchovými alebo telesnými postihnutiami.
- Implementácia: dodržiavanie usmernení pre prístupnosť na webe (napr. Wcag 2.1) zabezpečuje, že text je čitateľný, farby majú dostatočný kontrast a všetky funkcionality sú dostupné cez klávesnicu a asistenčné technológie. Poskytovanie titulkov alebo popiskov pre zvukový obsah a používanie jasných vizuálnych indikátorov sú tiež kritické pre správny beh aplikácie.

Povolenie používateľom prispôbiť si rozhranie môže urobiť aplikáciu prístupnejšou.

```
1 <script>
2   function applyPreferences() {
3     const highContrastToggle = document.getElementById('highContrast');
4     const textSizeSlider = document.getElementById('textSize');
5
6     document.body.style.backgroundColor = highContrastToggle.checked ? '#000' : '#FFF';
7     document.body.style.color = highContrastToggle.checked ? '#FFF' : '#000';
8     document.body.style.fontSize = textSizeSlider.value + 'px';
9   }
10
11   document.getElementById('applyPreferences').addEventListener('click', applyPreferences);
12 </script>
```

Obrázek 10: Funkcie, ktoré upravujú veľkosť textu, kontrast a ďalšie (Javascript)

4.2.1.5 Prispôbenie

- Cieľ: umožniť používateľom upraviť softvér podľa ich individuálnych potrieb a preferencií.
- Implementácia: funkcie ako nastaviteľné veľkosti textu, výber farebných tém, výber jazyka a nastavenia ovládania umožňujú používateľom personalizovať svoj zážitok. Napríklad používatelia by mohli vyberať medzi rôznymi spôsobmi spätnej väzby alebo si vybrať rozhranie, ktoré najlepšie vyhovuje ich štýlu interakcie.

4.2.1.6 Dizajn zameraný na používateľa

- Cieľ: vyvíjať funkcie a funkcionality, ktoré skutočne vyhovujú potrebám koncových používateľov, najmä tých z komunity hluchých a nedoslýchavých.
- Implementácia: zapojenie potenciálnych používateľov prostredníctvom rozhovorov, testovania používateľov a mechanizmov spätnej väzby zabezpečuje, že dizajn je v súlade s potrebami používateľov. To tiež zahŕňa pozorovanie používateľov v ich prirodzenom prostredí, aby sa pochopili skutočné výzvy, ktorým čelia.

4.2.1.7 Inkluzívna komunikácia

- Cieľ: zaistiť, aby softvér podporoval rôzne formy komunikácie, ktoré používa jeho rozmanitá skupina používateľov.
- Implementácia: softvér by mal podporovať viacero posunkových jazykov a regionálnych dialektov, uznávajúc kultúrnu rozmanitosť v komunite hluchých. Inkluzívna komunikácia tiež znamená, že softvér by mal uľahčovať preklad z

posunkového jazyka na text a naopak, aby vyhovoval rôznym používateľským interakciám.

Zabezpečíme, aby softvér zvládol viaceré posunkové jazyky a dialekty. Backend systém by mal byť navrhnutý tak, aby umožňoval ľahkú integráciu nových jazykových modulov, ako budú k dispozícii:

```
1 # Python Flask pseudo-code for handling different sign language models
2 from flask import Flask, request, jsonify
3 app = Flask(__name__)
4
5 # Assume we have pre-loaded models for different dialects
6 models = {
7     'ASL': ASLModel(),
8     'BSL': BSLModel(),
9 }
10
11 @app.route('/translate', methods=['POST'])
12 def translate():
13     data = request.get_json()
14     language = data['language']
15     video = data['video'] # This would be a reference to video data
16
17     if language in models:
18         translation = models[language].translate(video)
19         return jsonify({'text': translation})
20     else:
21         return jsonify({'error': 'Language model not available'}), 404
22
23 if __name__ == '__main__':
24     app.run(debug=True)
```

Obrázek 11: Príklad kódu pre integráciu nových jazykových modulov

4.2.1.8 Aplikácia princípov v dizajne

Integráciou týchto princípov do procesu dizajnu môžu vývojári vytvoriť softvér na preklad posunkovej reči, ktorý nie je len nástrojom, ale komplexným riešením, ktoré zlepšuje každodennú komunikáciu hluchých a počujúcich používateľov. Každý princíp podporuje celkový cieľ vytvoriť posilňujúcu platformu, ktorá rešpektuje rozmanitosť používateľov a podporuje pripojenejší a dostupnejší svet.

4.2.2 Prístupné funkcie a možnosti prispôsobenia

Aby bol softvér prístupný všetkým používateľom, vrátane tých s ďalšími postihnutiami, implementujú sa nasledujúce funkcie a možnosti prispôsobenia:

- Vizualne úpravy: možnosti na zmenu veľkosti textu, kontrastu farieb a aktiváciu tém s vysokým kontrastom, ktoré pomáhajú používateľom so zrakovými postihnutiami.

- Zvuková spätná väzba: pre počujúcich používateľov je možnosť prijímať hlasovú spätnú väzbu a notifikácie. Sú dostupné ovládanie hlasitosti a výber syntetických hlasov.
- Haptická spätná väzba: vibrácie alebo iné haptické signály sú poskytované pri akciách ako úspešné rozpoznanie znaku alebo chyby, čo pomáha používateľom, ktorí nemôžu spoliehať sa na vizuálnu alebo zvukovú spätnú väzbu.
- Jazykové a znakové preferencie: podpora viacerých znakových jazykov a možnosť prepnutia medzi nimi podľa preferencií používateľa. Toto zahŕňa regionálne dialekty znakových jazykov.

4.2.2.1 Vizualne prístupné funkcie

Pri vývoji softvéru na preklad posunkovej reči sú prístupné funkcie a možnosti prispôsobenia nevyhnutné na to, aby bol softvér použiteľný čo najväčším počtom ľudí, vrátane tých s rôznymi postihnutiami. Tieto funkcie nie sú len doplnkami, ale integrálnymi súčasťami dizajnu softvéru, ktoré zabezpečujú, že všetci používatelia môžu efektívne komunikovať a interagovať s nástrojom. V tejto podkapitole podrobne rozoberáme niektoré konkrétne prístupné funkcie a možnosti prispôsobenia, ktoré ukazujú, ako by sa tieto mohli implementovať:

- Vizualne úpravy: sú kritické pre používateľov so zrakovými postihnutiami alebo tých, ktorí preferujú vizuálne rozhranie s vysokým kontrastom pre ľahšiu čitateľnosť.
- Úprava veľkosti textu: umožňuje používateľom zväčšiť alebo zmenšiť veľkosť textu podľa ich vizuálneho komfortu.
- Témy s vysokým kontrastom: používatelia môžu prepínať medzi rôznymi farebnými témami navrhnutými pre optimálny kontrast. Témy s vysokým kontrastom sú obzvlášť užitočné pre používateľov so slabým zrakom.

4.2.2.2 Zvuková a haptická spätná väzba

Pre hluchých používateľov, ktorí počujú alebo nosia načúvacie prístroje, a pre nevidiacich používateľov môže byť zvuková a haptická spätná väzba neoceniteľná.

- Zvuková spätná väzba: poskytuje zvukové signály alebo hlasovú spätnú väzbu prostredníctvom technológií prevodu textu na reč (TTS).
- Haptická spätná väzba (haptic): používa vibrácie alebo iné haptické signály na indikáciu akcií alebo notifikácií, čo je užitočné v hlučných prostrediach alebo tam, kde zvuková spätná väzba nemusí byť vhodná.

4.2.2.3 Možnosti prispôsobenia

Umožnenie používateľom personalizovať ich interakciu so softvérom zvyšuje použiteľnosť a spokojnosť.

- Jazykové a znakové preferencie: používatelia si vyberú svoj preferovaný znakový jazyk alebo dialekt, aby zabezpečili, že softvér používa známe znaky a frázy.
- Prispôsobenie rozhrania: používatelia môžu upraviť rozloženie, navigáciu a prvky interakcie tak, aby zodpovedali ich osobným preferenciám alebo potrebám prístupnosti.

Implementáciou týchto prístupných funkcií a možností prispôsobenia vo vývoji softvéru môžu vývojári vytvoriť inkluzívnejší, používateľsky prívetivejší nástroj, ktorý zodpovedá širšiemu rozsahu potrieb a preferencií používateľov. Tieto vylepšenia nielen spĺňajú

medzinárodné štandardy prístupnosti, ale tiež významne zlepšujú zapojenie používateľov a spokojnosť, čo je kľúčové pre široké prijatie a efektívnu komunikáciu medzi hluchými a počujúcimi komunitami.

4.2.3 Mechanizmy spätnej väzby v reálnom čase

Mechanizmy spätnej väzby v reálnom čase sú kľúčové pre softvér na preklad posunkovej reči, aby zabezpečili, že interakcia medzi používateľom a softvérom je čo najplynulejšia a efektívna. Tieto mechanizmy nielenže pomáhajú používateľom pochopiť, ako dobre softvér zachytáva a prekladá ich znaky, ale tiež pomáhajú pri okamžitej oprave chýb a úprave. Nižšie podrobne rozoberieme komponenty mechanizmov spätnej väzby v reálnom čase, s dôrazom na detekciu chýb, výzvy na opravu a adaptívne učenie, s príkladmi, ako by tieto mohli byť implementované v kóde.

- Vizuálne indikátory: na obrazovke sa zobrazujú indikátory, ktoré ukazujú, že systém spracováva vstup alebo ak sa vyskytne chyba, napríklad pri nerozpoznaní znaku.
- Výzvy na opravu chýb: keď systém nerozpozna znak alebo zistí chybu, poskytuje návrhy alebo žiada o objasnenie, čím zaisťuje presné preklady.
- Postupné učebné pomôcky: ako používatelia interagujú so softvérom, ten sa prispôsobuje a učí sa z ich vstupov, postupne znižuje mieru chýb a zlepšuje presnosť prekladov.

Real-time spätná väzba je v prekladovom softvéri kľúčová, aby pomohla používateľom okamžite opraviť chyby a naučiť sa, ako lepšie interagovať so systémom.

```
1 // Function to update the feedback for the user
2 function updateFeedback(elementId, message, isSuccess) {
3     const feedbackElement = document.getElementById(elementId);
4     feedbackElement.innerText = message;
5     feedbackElement.style.color = isSuccess ? 'green' : 'red';
6 }
7
8 // Example of providing feedback after a sign recognition attempt
9 function handleSignRecognition(result) {
10     if (result.success) {
11         updateFeedback('feedback', `Sign recognized: ${result.sign}`, true);
12     } else {
13         updateFeedback('feedback', 'Sign not recognized, please try again.', false);
14     }
15 }
16
17 // Simulate a sign recognition result
18 const result = { success: true, sign: 'Hello' };
19 handleSignRecognition(result);
```

Obrázek 12: Teoretická integrácia real-time spätnej väzby

4.2.3.1 Detekcia chýb a vizuálna spätná väzba

Detekcia chýb v reálnom čase je nevyhnutná na identifikáciu situácií, keď signál nebol správne rozpoznaný alebo keď preklad neodráža správne zamýšľanú správu. Tento proces zahŕňa neustále monitorovanie úrovni dôvery algoritmov na rozpoznávanie znakov a spustenie spätnej väzby, keď dôvera klesne pod určitú hranicu.

```

1  import tensorflow as tf
2  import numpy as np
3
4  # Load a pre-trained model
5  model = tf.keras.models.load_model('sign_language_model.h5')
6
7  def predict_sign(frame):
8      # Preprocess the frame (assuming preprocessing function exists)
9      processed_frame = preprocess_frame(frame)
10     # Expand dimensions to fit model input
11     input_frame = np.expand_dims(processed_frame, axis=0)
12     predictions = model.predict(input_frame)
13     confidence = np.max(predictions)
14     predicted_class = np.argmax(predictions)
15
16     return predicted_class, confidence
17
18  def check_confidence(predicted_class, confidence):
19      if confidence < 0.5: # Assuming 0.5 as threshold for demonstration
20          print(f"Low confidence in prediction: {confidence:.2f}. Please try again.")
21      else:
22          print(f"Sign recognized as {predicted_class} with high confidence.")
23
24  # Assuming capture_frame() captures a frame from video stream
25  frame = capture_frame()
26  predicted_class, confidence = predict_sign(frame)
27  check_confidence(predicted_class, confidence)

```

Obrázek 13: Detekcia chýb pomocou tensorflow (python)

4.2.3.2 Opravná spätná väzba a interakcia s používateľom

Keď sú chyby zistené, systém by mal poskytnúť opravnú spätnú väzbu. To zahŕňa navrhnutie používateľovi, aby znova urobil gesto alebo poskytnutie možných interpretácií, z ktorých si používateľ môže vybrať, čím umožní opravné opatrenia.

```

1  function provideCorrectionOptions(signOptions) {
2      const correctionDiv = document.getElementById('correction');
3      correctionDiv.innerHTML = ''; // Clear previous options
4      signOptions.forEach((option, index) => {
5          const button = document.createElement('button');
6          button.innerText = option;
7          button.onclick = () => selectSignOption(option);
8          correctionDiv.appendChild(button);
9      });
10 }
11
12 function selectSignOption(option) {
13     console.log(`User confirmed the sign as: ${option}`);
14     // Further processing can be triggered here
15 }
16
17 // Simulate a scenario where the sign is unclear
18 provideCorrectionOptions(['Hello', 'Help', 'Hero']);

```

Obrázek 14: Interaktívna real-time oprava (javascript)

4.2.3.3 Adaptívne učenie a spätná väzba

Adaptívne učenie je dôležitá funkcia, pri ktorej sa systém učí z interakcií a opráv poskytnutých používateľom. Toto učenie sa môže použiť na dynamické úpravy modelov prekladu, čím sa zlepší presnosť v priebehu času.

Príklad konceptu: logika adaptívneho učenia

V reálnom svete by to mohlo byť implementované preškolením modelu alebo úpravou jeho parametrov na základe spätnej väzby od používateľa. Tento proces zvyčajne zahŕňa komplexné operácie strojového učenia a rekurentné cykly.

```
1 def update_model_with_feedback(original_prediction, user_correction):
2     # This is a simplified conceptual representation
3     if original_prediction != user_correction:
4         print("Updating model with the correct data...")
5         # Logic to retrain or fine-tune the model with the corrected input
6         # This might involve collecting corrected data and periodically retraining the model
```

Obrázek 15: Logika adaptívneho učenia (pseudokód)

Tieto príklady ilustrujú, ako rôzne aspekty spätnej väzby v reálnom čase môžu byť integrované do softvéru na preklad posunkovej reči. Úspešná implementácia týchto mechanizmov výrazne zlepšuje používateľský zážitok, robí proces prekladu spoľahlivejším a efektívnejším.

4.3 Požiadavky na spracovanie a výpočtovú kapacitu

Táto kapitola sa zaoberá konkrétnymi hardvérovými a softvérovými požiadavkami potrebnými pre real-time preklad posunkovej reči na hovorený alebo písaný jazyk. Budeme skúmať optimalizačné stratégie na zníženie oneskorenia a integrovať video spracovanie a technológie strojového učenia, aby sme zaistili efektívnu prevádzku softvéru.

4.3.1 Hardvérové požiadavky pre real-time spracovanie

Real-time preklad posunkovej reči si vyžaduje výkonné výpočtové zdroje schopné zvládnuť intenzívne úlohy spracovania videa a strojového učenia bez zjavného oneskorenia. Odporúčajú sa nasledujúce technológie:

- CPU: intel core i7 alebo amd ryzen 7 s aspoň 8 jadrami, aby efektívne zvládal viacvláknové úlohy potrebné pre spracovanie videa a operácie neurónových sietí.
- GPU: nvidia geforce rtx 3060 alebo vyššie. Tensorové jadrá v týchto gpu urýchľujú inferenciu a tréning deep learning.
- RAM: minimálne 16 gb na správu veľkých datasetov a umožnenie rýchleho prístupu k informáciám počas spracovania.
- Storage: ssd (pevný disk s polovodičmi) s kapacitou aspoň 512 gb pre rýchly prístup k dátam a ukladanie veľkých video súborov a modelov strojového učenia.

4.3.2 Softvérové požiadavky a technológie

Softvér využije niekoľko špičkových technológií optimalizovaných pre real-time spracovanie:

- Operačný systém: windows 10/11 alebo linux (ubuntu 20.04 lts), ktoré poskytujú robustnú podporu pre najnovšie hardvérové ovládače a knižnice strojového učenia.
- Vývojové prostredie: python 3.8+ kvôli jeho rozsiahlej podpore pre vedecké výpočty a knižnice strojového učenia.

4.3.2.1 Kľúčové knižnice a rámce

Navrhovaný softvér pre preklad posunkovej reči závisí hlavne od pokročilých knižníc a rámcov navrhnutých na zvládanie úloh od zachytávania videa a spracovania obrazu až po strojové učenie a manipuláciu s dátami.

Tu je podrobný prehľad každej kľúčovej knižnice a rámca:

- Tensorflow: open-source knižnica pre numerické výpočty a strojové učenie, ktorá umožňuje rýchlo a jednoducho prevádzať koncepty na softvér. Pre našu aplikáciu poskytuje tensorflow nástroje pre vývoj konvolučných a rekurentných neurónových sietí, ktoré sú schopné pochopiť zložitosti posunkovej reči.
- OpenCV (open source computer vision library) sa používa na operácie spracovania obrazu a videa. Je neoceniteľný v real-time aplikáciách vďaka robustným metódam na streamovanie videa, ktoré možno integrovať s webkamerami alebo inými zariadeniami na zachytávanie videa.
- Numpy je nevyhnutná na manipuláciu s veľkými viacrozmernými poľami a maticami, spolu so zbierkou matematických funkcií na ich spracovanie. Je kritická pre efektívne ukladanie a manipuláciu dát videa ako poľa.

Tu je príklad toho, ako integrovať opencv s tensorflow pre rozpoznávanie posunkovej reči v reálnom čase:

```
1 import cv2
2 import numpy as np
3 import tensorflow as tf
4
5 # Load the trained model
6 model = tf.keras.models.load_model('path_to_trained_model.h5')
7
8 def preprocess_frame(frame):
9     # Resize and normalize the frame
10    frame = cv2.resize(frame, (224, 224))
11    frame = frame / 255.0
12    return frame.reshape((1, 224, 224, 3))
13
14 # Initialize video capture
15 cap = cv2.VideoCapture(0)
16
17 while True:
18    ret, frame = cap.read()
19    if ret:
20        processed_frame = preprocess_frame(frame)
21        predictions = model.predict(processed_frame)
22        predicted_class = np.argmax(predictions)
23
24        # Display the result
25        cv2.putText(frame, f'Predicted Sign: {predicted_class}', (50, 50), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (255, 0, 0), 2, cv2.LINE_AA)
26        cv2.imshow('Sign Language Translation', frame)
27
28        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
29            break
30
31 cap.release()
32 cv2.destroyAllWindows()
```

Obrázek 16: Spracovanie videa v reálnom čase s opencv a tensorflow

4.3.3 Optimalizačné stratégie na zníženie latencie

Na zabezpečenie minimálneho oneskorenia medzi vykonaním znaku a výstupom prekladu sú nevyhnutné nasledujúce stratégie:

- Optimalizácia modelu: použitie techník kvantizácie a skracovania na zníženie veľkosti a zložitosti strojových učiacich sa modelov bez významnej straty presnosti.
- Optimalizácia kódu: implementácia asynchrónneho programovania na spracovanie spracovania videa a inferencie modelu v samostatných vláknach na maximalizáciu využitia CPU/GPU.
- Manažment zdrojov: zaistenie prioritnej alokácie zdrojov CPU a GPU pre softvér prekladu, aby sa predišlo oneskoreniu spôsobenému konkurenciou zdrojov s inými procesmi.

4.3.4 Integrácia spracovania videa a technológií strojového učenia

Integrácia technológií spracovania videa a strojového učenia je kľúčová pre funkčnosť softvéru na preklad, zaisťujúc plynulú konverziu video vstupu na presný textový výstup. Táto integrácia zahŕňa niekoľko kľúčových procesov:

4.3.4.1 Real-time spracovanie video streamu

Pomocou OpenCV softvér zachytáva živé video streamy z kamery. OpenCV spracúva tieto streamy snímok po snímke, upravuje vlastnosti ako kontrast a jas, aby zlepšil kvalitu videa pre lepšie rozpoznanie strojovým učení.

4.3.4.2 *Predspracovanie video snímok*

Predtým, ako môžu byť snímky použité na rozpoznanie posunkov, musia byť predspracované. To zahŕňa:

- Normalizácia: úprava hodnôt pixelov na škálu, ktorú model očakáva (typicky od 0 do 1).
- Zmena veľkosti: úprava rozmerov snímky na vstupnú veľkosť požadovanú neurónovou sieťou.
- Úpravy farieb: konvertovanie snímok do odtieňov šedej môže znížiť výpočtové nároky a sústrediť sa na rozpoznanie gest namiesto spracovania farieb.

4.3.4.3 *Inferencia strojového učenia*

S predspracovanými snímkami Tensorflow vykonáva náročnú úlohu rozpoznávania gest. Snímky sú vložené do deep learning modelu, ktorý predpovedá gestá posunkovej reči. Predpovede modelu sú potom:

- Klasifikované: identifikácia najpravdepodobnejšieho gesta zo súboru známych gest.
- Interpretované: konvertovanie výsledkov klasifikácie gest na príslušný text alebo hovorené slová.

4.3.4.4 *Mechanizmy spätnej väzby*

Zaistenie, že systém je interaktívny a používateľsky príjemný, je kľúčové. Real-time spätná väzba informuje používateľov o:

- Úspechu rozpoznania: ukazuje, či boli gestá správne rozpoznané.
- Spracovanie chýb: poskytuje vizuálne alebo zvukové signály, ak rozpoznávanie zlyhá, čo umožňuje používateľom upraviť svoje gestá alebo pokúsiť sa znova o vykonanie gesta.

4.3.4.5 *Kontinuálne učenie a adaptácia*

Na zlepšenie presnosti rozpoznávania v priebehu času môže systém využívať techniky strojového učenia na adaptáciu na základe interakcií s používateľmi. To môže zahŕňať:

- Zbieranie dát: zber nových dát počas skutočného používania na ďalšie tréningy modelu.
- Pretrénovanie modelu: periodická aktualizácia modelu s novými údajmi na zjemnenie jeho predpovedí na základe skutočného používania a spätnej väzby.

4.3.4.6 *Zhrnutie*

Integrácia týchto technológií vytvára robustný rámec, ktorý nielen efektívne zvláda spracovanie dát v reálnom čase, ale tiež zlepšuje interakciu používateľa prostredníctvom dynamických spätných väzieb, čím robí softvér spoľahlivejším a používateľsky prívetivejším.

4.4 Podpora jazykov a dialektov

Táto kapitola sa zameriava na stratégie začlenenia viacerých posunkových jazykov a dialektov do prekladového softvéru. Podrobne popisuje využitie komplexných lingvistických modelov a integráciu neustálych učebných mechanizmov. Tieto funkcie sú nevyhnutné na zabezpečenie toho, aby bol softvér prispôsobivý a inkluzívny a dokázal porozumieť a prekladať široké spektrum posunkových jazykov používaných na celom svete.

4.4.1 Začlenenie viacerých posunkových jazykov a dialektov

Aby bol prekladový softvér využiteľný globálne, je nevyhnutné, aby podporoval viacero posunkových jazykov a regionálnych dialektov. Táto inkluzívnosť nielen zvyšuje využiteľnosť softvéru, ale aj rešpektuje jazykovú rozmanitosť nepočujúcich komúní.

Stratégie podpory viacjazyčnosti:

- Modulárne jazykové modely: navrhnuť softvérovú architektúru na podporu modulárnych jazykových modelov. Každý model zodpovedá inému posunkovému jazyku alebo dialektu, čo umožňuje ľahkú aktualizáciu a pridávanie nových jazykov.
- Dynamické prepínanie jazykov: používatelia by mali byť schopní prepínať jazyky plynulo vrámci softvérového rozhrania, čo im umožní komunikovať vo svojom preferovanom posunkovom jazyku alebo meniť jazyk podľa potreby.
- Spolupráca s komunitou: spolupracovať s miestnymi komunitami a jazykovými odborníkmi pri získavaní údajov a poznatkov. To pomáha zlepšiť presnosť prekladov a zabezpečiť rešpektovanie kultúrnych a regionálnych odlišností.

```
1 from flask import Flask, request, jsonify
2 app = Flask(__name__)
3
4 # Dictionary of loaded models, each corresponding to a different sign language
5 loaded_models = {
6     'ASL': load_model('asl_model.h5'),
7     'BSL': load_model('bsl_model.h5'),
8     # Additional models can be added here
9 }
10
11 @app.route('/translate', methods=['POST'])
12 def translate():
13     data = request.get_json()
14     language = data['language']
15     video = data['video'] # This would be a reference to video data
16
17     if language in loaded_models:
18         model = loaded_models[language]
19         translation = model.predict(video)
20         return jsonify({'text': translation})
21     else:
22         return jsonify({'error': 'Language model not available'}), 404
23
24 if __name__ == '__main__':
25     app.run(debug=True)
```

Obrázek 17: Dynamické načítanie jazykových modelov

4.4.2 Komplexné lingvistické modely v kontexte prekladu posunkovej reči

Komplexné lingvistické modely sú jadrom presného a okamžitého prekladu posunkovej reči. Musia správne rozoznávať jemné rozdiely v posunkových jazykoch, ako sú tvary rúk, pohyby, mimika a držanie tela, aby správne vyjadrili význam. Táto časť podrobne opisuje metodiky a architektúry potrebné na vytvorenie robustných modelov spolu s príkladmi implementácie.

Zložky komplexných lingvistických modelov:

- Extrakcia funkcií: tento krok zahŕňa extrakciu vizuálnych prvkov z videozáznamov, aby sa zachytili gestá v posunkovej reči. Zameriava sa na polohu rúk, držanie tela a mimiku.
- Časové modelovanie: posunkové jazyky zahŕňajú nepretržité pohyby, takže model musí pochopiť časový kontext, aby presne interpretoval postupnosti znakov.
- Kontextové pochopenie: kontext zohráva pri preklade posunkovej reči dôležitú úlohu. Rovnaký znak môže mať odlišné významy v závislosti od vety alebo konverzácie.
- Dopĺňovanie údajov: zvýšenie rozmanitosti školiacich údajov manipuláciou s videozáznamami zlepšuje robustnosť modelu voči rôznym svetelným podmienkam, pozíciám používateľov a štýlom gestikulácie.

```
1 import cv2
2 import numpy as np
3
4 # Initialize a video capture object
5 cap = cv2.VideoCapture(0)
6
7 # Load a pre-trained hand detection model or use Haar cascades
8 hand_cascade = cv2.CascadeClassifier('hand_cascade.xml')
9
10 def preprocess_frame(frame):
11     gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
12     hands = hand_cascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
13
14     # Draw rectangle around detected hands and resize for model input
15     for (x, y, w, h) in hands:
16         roi = frame[y:y+h, x:x+w]
17         resized_roi = cv2.resize(roi, (224, 224))
18         return resized_roi / 255.0 # Normalize to range [0, 1]
19     return None
20
21 while True:
22     ret, frame = cap.read()
23     if ret:
24         processed_frame = preprocess_frame(frame)
25         if processed_frame is not None:
26             # Display the processed frame or feed it to a model
27             cv2.imshow('Hand Detection', processed_frame)
28
29             if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
30                 break
31
32 cap.release()
33 cv2.destroyAllWindows()
```

Obrázek 18: Feature extraction s opencv

Časové modelovanie s použitím rekurentných neurónových sietí: rekurentná neurónová sieť (rnn) dokáže spracovať postupnosť gest v posunkovej reči tým, že sa naučí časový vzťah medzi po sebe idúcimi gestami.

```
1 from tensorflow.keras.models import Sequential
2 from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense
3
4 # Example input shape (number_of_frames, number_of_features)
5 input_shape = (30, 512)
6
7 # Define an LSTM model for temporal analysis
8 model = Sequential([
9     LSTM(128, return_sequences=True, input_shape=input_shape),
10    LSTM(128),
11    Dense(64, activation='relu'),
12    Dense(number_of_classes, activation='softmax')
13 ])
14
15 model.compile(optimizer='adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
16
17 # Example training data
18 # X_train: (num_samples, number_of_frames, number_of_features)
19 # y_train: (num_samples, number_of_classes)
20 model.fit(X_train, y_train, epochs=20, batch_size=32)
```

Obrázek 19: Časové modelovanie s použitím rekurentných neurónových sietí

Kontextové chápanie s využitím mechanizmu pozornosti: mechanizmus pozornosti umožňuje modelu sústrediť sa na dôležité časti postupnosti posunkovej reči pre lepší preklad.

```
1 import tensorflow as tf
2 from tensorflow.keras.layers import Layer
3
4 class AttentionLayer(Layer):
5     def __init__(self):
6         super(AttentionLayer, self).__init__()
7
8     def build(self, input_shape):
9         self.W = self.add_weight(shape=(input_shape[-1], input_shape[-1]), initializer='random_normal', trainable=True)
10        self.b = self.add_weight(shape=(input_shape[-1],), initializer='zeros', trainable=True)
11
12    def call(self, inputs):
13        attention_scores = tf.nn.softmax(tf.tensordot(inputs, self.W, axes=1) + self.b, axis=-1)
14        context_vector = attention_scores * inputs
15        return tf.reduce_sum(context_vector, axis=1)
16
17 # Example integration of attention mechanism in a sequential model
18 input_layer = tf.keras.layers.Input(shape=(number_of_frames, number_of_features))
19 lstm_layer = tf.keras.layers.LSTM(128, return_sequences=True)(input_layer)
20 attention_layer = AttentionLayer()(lstm_layer)
21 output_layer = tf.keras.layers.Dense(number_of_classes, activation='softmax')(attention_layer)
22
23 model = tf.keras.Model(inputs=input_layer, outputs=output_layer)
24 model.compile(optimizer='adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
```

Obrázek 20: Kontextové chápanie s využitím mechanizmu pozornosti

Vývoj lingvistických modelov:

- Hlboké učenie: využívanie konvolučných neurónových sietí (CNN) a rekurentných neurónových sietí (RNN), ktoré boli vycvičené na rozsiahlych dátových súboroch zahŕňajúcich rôzne znaky, neverbálne prvky a kontextové informácie.
- Nepretržitý zber údajov: nepretržitý zber údajov od používateľov na zdokonalenie a rozšírenie lingvistických modelov. To pomáha modelom zostať relevantnými a časom zlepšuje ich presnosť.

```
1 import tensorflow as tf
2
3 model = tf.keras.Sequential([
4     tf.keras.layers.Conv2D(64, kernel_size=(3, 3), activation='relu', input_shape=(224, 224, 3)),
5     tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)),
6     tf.keras.layers.Conv2D(128, kernel_size=(3, 3), activation='relu'),
7     tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)),
8     tf.keras.layers.Flatten(),
9     tf.keras.layers.Dense(512, activation='relu'),
10    tf.keras.layers.Dense(number_of_sign_classes, activation='softmax')
11 ])
12
13 model.compile(optimizer='adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
```

Obrázek 21: Model CNN v tensorflow určený na rozpoznávanie posunkovej reči

Komplexný lingvistický model vyžaduje kombinované možnosti extrakcie funkcií, časového modelovania a kontextového pochopenia. Implementáciou týchto komponent bude náš softvér schopný presne interpretovať zložité gestá posunkovej reči v reálnom čase, čo zabezpečí presný preklad do hovorených slov.

4.4.3 Mechanizmy kontinuálneho učenia

Aby sa softvér prispôbil preferenciám používateľov a regionálnym dialektom, obsahuje mechanizmy pre neustále učenie:

- Integrácia spätnoväzbového cyklu: implementujte spätnoväzbové mechanizmy, ktoré používateľom umožňujú opravovať alebo potvrdzovať preklady. Tieto vstupy sa potom používajú na úpravu a zlepšenie modelov.
- Inkrementálne učenie: pravidelne aktualizujte modely pomocou nových údajov získaných z interakcií používateľov, čím sa zlepší porozumenie modelov a ich presnosť v priebehu času.

Integráciou týchto stratégií softvér nielenže zvládne viacero jazykov a dialektov, ale tiež sa bude vyvíjať tak, aby splnil meniace sa potreby a preferencie svojich používateľov, čo z neho robí skutočne globálny a adaptívny komunikačný nástroj.

4.5 Bezpečnosť, súkromie a správa údajov

Pri navrhovaní softvérového riešenia, ktoré dokáže v reálnom čase prekladať posunkový jazyk do hovorených slov, je zabezpečenie ochrany údajov používateľov a udržiavanie vysokých štandardov ochrany súkromia kľúčovou prioritou. Táto kapitola sa zameriava na stratégie na ochranu používateľských informácií, bezpečné spravovanie údajov z prekladov a dodržiavanie právnych a etických štandardov.

4.5.1 Bezpečnostné úvahy

Vzhľadom na citlivú povahu používateľských vstupov a údajov o preklade posunkového jazyka je zavedenie robustných bezpečnostných opatrení nevyhnutné na ochranu pred potenciálnymi hrozbami, ako sú úniky údajov alebo neoprávnený prístup.

Kľúčové bezpečnostné postupy:

- Šifrovanie: Šifrujeme všetky citlivé údaje v pokoji aj počas prenosu, aby sme zabránili únikom údajov a neoprávnenému prístupu.
- Autentifikácia a autorizácia: Implementujeme viacfaktorovú autentifikáciu pre prístup používateľov a používame kontrolu prístupu na základe rolí, aby sme obmedzili prístup k citlivým funkciám podľa rolí používateľov.
- Záznam a monitorovanie: Neustále sledujeme používateľskú aktivitu a uchováваме záznamy, aby sme mohli rýchlo odhaliť a reagovať na podozrivé správanie.

```
1  from cryptography.fernet import Fernet
2
3  # Generate and store a key securely
4  key = Fernet.generate_key()
5  cipher_suite = Fernet(key)
6
7  # Encrypting data
8  plain_text = b"Sensitive user input"
9  cipher_text = cipher_suite.encrypt(plain_text)
10
11 # Decrypting data
12 decrypted_text = cipher_suite.decrypt(cipher_text)
```

Obrázek 22: Príklad zašifrovania v pythone

4.5.2 Ochrana súkromia a súhlas používateľov

Súhlas používateľov je základným bodom ochrany súkromia. Používatelia by mali mať jasné a ľahko zrozumiteľné informácie o tom, aké údaje softvér zhromažďuje a ako sa používajú.

Dôležité funkcie ochrany súkromia:

- Správa súhlasu: Poskytneme transparentný formulár súhlasu počas úvodného prihlásenia používateľa, ktorý podrobne opisuje, ako sa zhromažďujú a používajú jeho údaje.
- Anonymizácia údajov: Odstránime osobné identifikačné údaje (PII) tam, kde je to možné, aby sa minimalizovali riziká spojené s únikom.
- Politika uchovávanía údajov: Uchováваме údaje o preklade iba na potrebné obdobie a implementujeme automatizované mechanizmy na vymazanie údajov.

```
1 def anonymize_data(user_data):
2     # Strip PII such as names, addresses, or any identifiers
3     anonymized_data = {key: value for key, value in user_data.items() if key not in ['name', 'address', 'email']}
4     return anonymized_data
5
6 # Example usage
7 user_data = {'name': 'John Doe', 'address': '123 Street', 'sign_language_data': 'gesture_123'}
8 anonymized_data = anonymize_data(user_data)
```

Obrázek 23: Príklad logiky pre anonymizáciu dát

4.5.3 Správa prekladových údajov

Prekladové údaje sú cenné na zlepšenie softvéru a zabezpečenie vysokokvalitných prekladov. Je však potrebné s nimi zaobchádzať bezpečne a eticky.

Stratégie správy prekladových údajov:

- Segmentácia údajov: Oddelenie údajov z prekladov podľa jazyka alebo regiónu používateľa zlepší organizáciu a bezpečnosť údajov.
- Kontrola verzií: Udržiavajte systém na kontrolu verzií, aby ste mohli spravovať prekladové modely a zabezpečiť ich reprodukovateľnosť.
- Prístup k údajom: Obmedzíme prístup k údajom z prekladov iba pre oprávnených pracovníkov pomocou kontroly prístupu na základe rolí.

```
1 class User:
2     def __init__(self, username, role):
3         self.username = username
4         self.role = role
5
6 class AccessManager:
7     def __init__(self):
8         # Define access control lists (ACLs) for each role
9         self.acl = {
10            'translator': ['view', 'edit'],
11            'admin': ['view', 'edit', 'delete'],
12            'guest': ['view']
13        }
14
15     def has_permission(self, user, action):
16         return action in self.acl.get(user.role, [])
17
18 # Example usage
19 user1 = User('translator_user', 'translator')
20 user2 = User('admin_user', 'admin')
21
22 access_manager = AccessManager()
23 print(access_manager.has_permission(user1, 'edit')) # True
24 print(access_manager.has_permission(user2, 'delete')) # True
```

Obrázek 24: Príklad logiky kontroly prístupu na základe roly používateľa (RBAC Logic)

4.5.4 Právne a etické postupy a ich dodržiavanie

Dodržiavanie právnych a etických štandardov zabezpečuje, že softvér funguje podľa právnych noriem, čo vyvoláva dôveru medzi používateľmi.

Právne a etické pokyny:

- Súlad so zákonmi GDPR a CCPA: Ak softvér obsluhuje používateľov z Európy alebo Kalifornie, zabezpečte súlad so Všeobecným nariadením o ochrane údajov (GDPR) a Kalifornským zákonom o ochrane súkromia spotrebiteľov (CCPA), ktorý poskytuje práva na prístup k údajom a ich vymazanie.
- Povedomie o zaujatosti a nespravodlivosti: Pravidelne hodnotíme prekladové modely z hľadiska zaujatosti a implementujeme kontroly spravodlivosti, aby sme zabezpečili rovnakú kvalitu prekladov pre všetky demografické skupiny používateľov.
- Informatívny súhlas: Uistíme sa, že používatelia môžu svoj súhlas so spracovaním údajov kedykoľvek jednoducho odvolať.

```
1 import datetime
2
3 def auto_purge_data(database, retention_period_days):
4     current_time = datetime.datetime.now()
5     threshold_time = current_time - datetime.timedelta(days=retention_period_days)
6
7     # Delete data older than the retention period
8     for record in database.get_all_records():
9         if record['timestamp'] < threshold_time:
10            database.delete_record(record['id'])
11
12 # Example usage
13 database = MockDatabase()
14 auto_purge_data(database, 30) # Purge data older than 30 days
```

Obrázek 25: Príklad automatizovaného mazania dát

4.5.5 Záver

Aby sme poskytli bezproblémový a bezpečný softvér na preklad posunkového jazyka, bezpečnosť, súkromie a správa údajov sú kľúčové. Využitím šifrovania, kontrol prístupu a anonymizácie môžeme ponúknuť prekladovú službu, ktorá je bezpečná, rešpektuje údaje používateľov a transparentne pracuje s údajmi.

4.6 Integrácia a kompatibilita

Vytvorenie riešenia prekladania posunkového jazyka v reálnom čase si vyžaduje starostlivé zváženie kompatibility naprieč platformami, integráciu s existujúcimi komunikačnými platformami a podporu periférnych zariadení. Táto kapitola uvádza základné technické požiadavky a architektúru potrebnú na splnenie týchto cieľov pri zabezpečení konzistentného výkonu.

4.6.1 Kompatibilita zariadení a OS

Aby bol prekladač posunkového jazyka široko dostupný, je nevyhnutné navrhnuť softvér, ktorý bude fungovať na rôznych zariadeniach a operačných systémoch. Kľúčové úvahy zahŕňajú:

- Knižnice naprieč platformami: Využívanie knižníc na vývoj softvéru naprieč platformami, ako sú Qt alebo Flutter, umožňuje vytváranie aplikácií, ktoré fungujú bezproblémovo na hlavných operačných systémoch (Windows, macOS, Linux) a na mobilných platformách (iOS, Android).
- Adaptívne používateľské rozhranie: Implementácia responzívnych návrhov s UI frameworkmi, ako sú Flutter, React Native alebo Qt, zaisťuje, že softvér prispôsobuje svoje rozloženie podľa veľkosti obrazovky a orientácie zariadenia.
- Optimalizácia hardvéru: Optimalizácia funkcií hardvéru konkrétneho zariadenia, ako je GPU acceleration pre spracovanie videa, zvyšuje výkon.

4.6.2 Integrácia s komunikačnými platformami

Prekladač posunkového jazyka v reálnom čase prináša používateľom najväčší úžitok, keď je dobre integrovaný so široko používanými komunikačnými platformami a službami.

- API pre unifikovanú komunikáciu: Používanie API, ako je WebRTC pre video, a SDK od spoločností Twilio alebo Microsoft Teams pre správy, umožňuje prekladaciemu systému fungovať natívne v rámci existujúcich komunikačných kanálov.
- Služby v cloude: Integrácia s cloudovými platformami, ako sú Google Cloud alebo Azure Cognitive Services, umožňuje spracovanie výkonných prekladových modelov a ich vzdialenú aktualizáciu.

4.6.3 Podpora periférnych zariadení

Zabezpečenie toho, aby softvér mohol fungovať s rôznymi asistívnymi zariadeniami a perifériami, je nevyhnutné pre správnu prístupnosť voči všetkým potenciálnym používateľom.

- Integrácia kamier: Pre vysokokvalitné rozpoznávanie posunkového jazyka je potrebné video s vysokým rozlíšením. Softvér by mal podporovať kamery s rozlíšením minimálne 1080p a optimalizovať výkon, aby sa predišlo oneskoreniam.
- Prístup k mikrofónu: Pre preklad do hovoreného slova integrujte prístup k mikrofónu, aby ste používateľom poskytli preklad v reálnom čase.
- Asistívne zariadenia: Kompatibilita s asistívnymi zariadeniami, ako sú TTY (textové telefóny), čítačky obrazovky a braillove displeje, zabezpečuje inkluzívnosť.


```

1  import cv2
2
3  # Initialize the camera (0 is usually the default camera index)
4  cap = cv2.VideoCapture(0)
5
6  # Set the desired resolution (1920x1080 for Full HD)
7  cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 1920)
8  cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 1080)
9
10 while True:
11     # Capture frame-by-frame
12     ret, frame = cap.read()
13
14     # Display the resulting frame
15     cv2.imshow('Camera Feed', frame)
16
17     # Exit on pressing 'q'
18     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
19         break
20
21 # When everything is done, release the capture
22 cap.release()
23 cv2.destroyAllWindows()

```

Obrázek 26: Prístup ku kamere s OpenCV

4.6.4 Význam navrhovaných funkcií

Pri vytváraní prekladača posunkového jazyka v reálnom čase zohrávajú navrhované funkcie kľúčovú úlohu pri vytváraní inkluzívneho, prispôsobivého a efektívneho riešenia. Tu je podrobný pohľad na význam každej funkcie:

1. Kompatibilita naprieč platformami

- **Dosah a inkluzívnosť:** Vďaka zabezpečeniu kompatibility softvéru naprieč platformami k nemu používatelia získajú prístup bez ohľadu na svoje zariadenie alebo operačný systém. To znižuje prekážky vstupu a robí softvér inkluzívnejším.
- **Efektívnosť nákladov:** Vytvorenie jednotnej code-base minimalizuje náklady na vývoj a umožňuje zavádzať aktualizácie a nové funkcie súčasne na všetkých platformách.
- **Konzistentnosť:** Používatelia získajú konzistentný zážitok na rôznych zariadeniach, čo vedie k ľahšiemu zaškoleniu a menším problémom pri prepínaní zariadení.

2. Integrácia s komunikačnými platformami

- Posilnená spolupráca: Bezproblémová integrácia s obľúbenými komunikačnými platformami, ako sú Zoom, Microsoft Teams alebo Slack, zabezpečuje, že používatelia posunkového jazyka môžu efektívne spolupracovať a komunikovať s ostatnými bez potreby ďalších nástrojov.
- Skrátený čas zaškolenia: Vďaka znalosti existujúcich komunikačných platforiem je potrebné menej školenia, čo používateľom umožňuje sústrediť sa na výhody prekladového nástroja namiesto učenia sa novej aplikácie.
- Produktivita: Preklad v rámci existujúcich pracovných postupov znižuje potrebu prepínať medzi rôznymi nástrojmi alebo manuálne interpretovať konverzácie, čím sa zvyšuje produktivita.

3. Podpora periférnych zariadení

- Prispôsobivosť: Podpora širokej škály periférnych zariadení, ako sú kamery s vysokým rozlíšením, mikrofóny a asistívne nástroje (čítačky obrazovky, braillove displeje), robí prekladač všestranným a prispôsobivým jedinečným potrebám používateľov.
- Vylepšená presnosť: Kamery s vysokým rozlíšením presnejšie zachytávajú gesta posunkového jazyka, čo zlepšuje kvalitu prekladov. Mikrofóny zabezpečujú, že hovorené slová sú jasne zachytené na presný preklad.
- Prístupnosť: Integrácia s asistívnymi zariadeniami, ako sú TTY a braillove displeje, rozširuje užitočnosť softvéru aj pre používateľov so zrakovým alebo sluchovým postihnutím, čím poskytuje širšie spektrum podpory.

4. Služby v cloude

- Škálovateľnosť: Cloudové platformy sa môžu prispôbiť dopytu po preklade, poskytujúc výsledky v reálnom čase aj pri rôznorodých pracovných záťažach.
- Aktualizácie modelu: Modely založené na cloude možno jednoducho aktualizovať, aby sa spresnili preklady bez zásahu používateľa alebo preinštalovania softvéru.
- Vzdialený prístup: Používatelia môžu získať prístup ku kvalitným prekladateľským službám odkiaľkoľvek, pričom zabezpečia konzistentnú kvalitu aj na zariadeniach s nižším výkonom, ktoré nemusia mať výpočtový výkon na lokálne spracovanie.

Na záver možno povedať, že tieto funkcie sú kľúčové pre zabezpečenie toho, aby riešenie prekladu posunkového jazyka v reálnom čase zostalo inkluzívne, ľahko použiteľné, presné a dostupné pre všetkých používateľov bez ohľadu na ich zariadenie, platformu alebo osobné požiadavky. Výsledkom je komplexné riešenie, ktoré pomáha prekonávať komunikačné bariéry a posilňuje rozmanité komunity znevýhodnených ľudí.

5 VYHODNOTENIE VHODNEJ TECHNOLOGIE

5.1 Strojové učenie a umelá inteligencia

Pri vyhodnocovaní aktuálnych technológií umelej inteligencie (AI) a strojového učenia (ML) na rozpoznávanie posunkového jazyka v reálnom čase je dôležité pochopiť, ako môžu tieto nástroje zabezpečiť presný a efektívny preklad. Táto kapitola skúma možnosti využitia modelov deep learning na preklad v reálnom čase a porovnáva proprietárne a open-source riešenia AI.

5.1.1 Hodnotenie súčasných technológií AI a strojového učenia

Základná technológia potrebná na preklad posunkového jazyka do hovoreného slova zahŕňa počítačové videnie, spracovanie prirodzeného jazyka (NLP) a syntézu reči. Tu sú konkrétne technológie ML pre každú oblasť:

Modely počítačového videnia:

Rozpoznávanie posunkového jazyka vyžaduje veľmi presné modely počítačového videnia na zachytenie a pochopenie vizuálnych vstupov z pohybov rúk, mimiky a ďalších ukazateľov.

- Konvolučné neurónové siete (CNN): Navrhnuté špeciálne na rozpoznávanie obrázkov, CNN sú ideálne na detekciu gest.
- Modely na detekciu kľúčových bodov: Modely ako OpenPose alebo MediaPipe dokážu rozpoznať orientačné body na rukách, kĺby tela a mimiku tváre.
- RNN na analýzu sekvencií: Rekurentné neurónové siete (RNN) analyzujú sekvencné pohyby, čo je kľúčové pre rozpoznávanie gest ako série kontinuálnych obrázkov.

Modely spracovania prirodzeného jazyka:

Po rozpoznaní gest si ich preklad do zrozumiteľného jazyka vyžaduje sofistikované NLP techniky.

- Modely sekvencia-sekvencia: Transformátorové architektúry môžu mapovať sekvencie gest na jazykové jednotky, ktoré predstavujú slová a vety.
- Kontextové vstupy: Používanie kontextových vstupov ako BERT alebo GPT zlepšuje kontextovú presnosť prekladov.

Technológie syntézy reči:

Po vytvorení textového výstupu je potrebné ho previesť na hovorené slová.

- Text-to-Speech (TTS): TTS nástroje ako Google's Tacotron alebo Mozilla's TTS dokážu prevádzať text na prirodzene znejúci hlas.

5.1.2 Možnosti implementácie modelov deep learning na preklad v reálnom čase

Implementácia modelov deep learning na preklad v reálnom čase si vyžaduje vyváženú presnosť a rýchlosť.

- Optimalizované modely: Modely deep learning by mali byť optimalizované na rýchlosť inferencie technikami, ako sú kvantizácia, orezávanie a distilácia. TensorFlow Lite a ONNX Runtime poskytujú odľahčené frameworky vhodné pre mobilné a edge zariadenia.

- Edge zariadenia vs. cloudové modely: Edge zariadenia ponúkajú nízku latenciu pre inferenciu, zatiaľ čo cloudové modely ponúkajú škálovateľnosť. Hybridný prístup môže využívať oba modely podľa potrieb aplikácie.
- Techniky redukcie latencie: Asynchrónne spracovanie pre neblokujúcu analýzu obrázkov z videa a súčasné vykonávanie úloh NLP a syntézy reči minimalizujú oneskorenia pri spracovaní.

5.1.3 Porovnanie proprietárnych a open-source AI riešení

Voľba medzi proprietárnymi a open-source riešeniami AI má vplyv na náklady na vývoj, flexibilitu a kontrolu.

Proprietárne riešenia:

- Výhody: Vyššia presnosť vďaka špecializovaným tréningovým údajom a optimalizovaným architektúram.
- Nevýhody: Vysoké licenčné poplatky a obmedzená flexibilita pri prispôbovaní modelu.

Open-source riešenia:

- Výhody: Voľný prístup, prispôsobiteľné modely a aktívne komunity vývojárov.
- Nevýhody: Vyššie požiadavky na zdroje na trénovanie a získavanie dát.

```

1 import cv2
2 import numpy as np
3 import tensorflow as tf
4
5 # Load pre-trained model (e.g., hand gesture recognition CNN model)
6 model = tf.keras.models.load_model('gesture_model.h5')
7
8 # Initialize camera
9 cap = cv2.VideoCapture(0)
10
11 # Define gesture classes
12 classes = ['Hello', 'Thanks', 'Yes', 'No']
13
14 while True:
15     # Capture frame-by-frame
16     ret, frame = cap.read()
17
18     # Preprocess the image (resize and normalize)
19     img = cv2.resize(frame, (128, 128))
20     img = img / 255.0
21     img = np.expand_dims(img, axis=0)
22
23     # Perform inference
24     prediction = model.predict(img)
25     class_idx = np.argmax(prediction)
26     gesture = classes[class_idx]
27
28     # Display prediction on the screen
29     cv2.putText(frame, f'Gesture: {gesture}', (10, 30), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (255, 0, 0), 2, cv2.LINE_AA)
30     cv2.imshow('Sign Language Translator', frame)
31
32     # Exit on pressing 'q'
33     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
34         break
35
36 # Release camera and close windows
37 cap.release()
38 cv2.destroyAllWindows()

```

Obrázek 27: Rozpoznávanie znakov s OpenCV a TensorFlow

Význam navrhovaných funkcií

- Presné rozpoznávanie: Použitie CNN zaručuje spoľahlivé rozpoznávanie gest, zatiaľ čo NLP poskytuje presný preklad. Technológie TTS vytvárajú prirodzene znejúci hlas.
- Optimalizované modely: Optimalizované modely deep learning poskytujú výkon v reálnom čase pri zachovaní vysokej presnosti.
- Plynulá integrácia: Softvér by sa mal integrovať s bežnými komunikačnými platformami a byť prispôsobiteľný rôznym prostrediam používateľov.
- Prispôsobenie a podpora komunity: Open-source riešenia ponúkajú flexibilitu pri prispôbovaní modelov konkrétnym posunkovým jazykom a gestám, z čoho profitujú aktívne komunity vývojárov.

Táto komplexná analýza zabezpečuje, že softvér na preklad posunkového jazyka zostane presný, efektívny a vysoko prispôsobiteľný rozmanitým potrebám používateľov.

5.2 Technológie na spracovanie videa

5.2.1 Analýza dostupných knižníc a nástrojov na spracovanie videa

Vyvinúť robustný a efektívny systém na preklad posunkového jazyka znamená nutnosť používať vhodné knižnice a nástroje na spracovanie videa.

Podrobný prehľad kľúčových knižníc a nástrojov:

1) OpenCV (Open Source Computer Vision Library):

Popis: Open-source knižnica pre počítačové videnie, ktorá ponúka komplexnú sadu nástrojov na spracovanie obrazu a analýzu videa.

Kľúčové vlastnosti:

- Spracovanie obrazu: Ponúka rôzne transformácie, filtre a algoritmy na detekciu hrán.
- Analýza videa: Poskytuje možnosti vstupu/výstupu videa, sledovanie pohybu a detekciu objektov.
- Integrácia s ML modelmi: Funguje s modelmi strojového učenia z TensorFlow a PyTorch.

Aplikácie v preklade posunkového jazyka:

- Detekuje a sleduje gestá posunkového jazyka prostredníctvom snímkového spracovania.
- Môže identifikovať zónu pre gestá na zameranie rozpoznávania.

2) MediaPipe:

Popis: Framework od Google určený na vytváranie cross-platformových ML pipeline s predtrénovanými modelmi na multimodálnu percepciu.

Kľúčové vlastnosti:

- Sledovanie rúk: Detekuje orientačné body rúk na detailné rozpoznávanie gest.
- Detekcia tváre: Rozpoznáva výrazy tváre, ktoré sú kľúčové v posunkovom jazyku.
- Pipeline na báze grafov: Umožňuje efektívne a prispôsobiteľné pipeline pre gestá rúk.

Aplikácie v preklade posunkového jazyka:

- Detekuje orientáciu prstov a špecifické pohyby rúk na presnú identifikáciu gest.
- Užitočné na kontinuálnu detekciu a interpretáciu posunkového jazyka.

3) TensorFlow:

Popis: Open-source platforma strojového učenia end-to-end, ktorá zahŕňa nástroje na tréning a nasadenie modelov.

Kľúčové vlastnosti:

- Vývoj modelov: Poskytuje Keras, používateľsky prívetivé API na vývoj modelov.
- Nasadzovanie modelov: Poskytuje TensorFlow Serving na nasadenie modelov v rozsahu.
- TensorFlow Lite: Optimalizovaný pre inferenciu na mobilných a edge zariadeniach.

Aplikácie v preklade posunkového jazyka:

- Vyvíja a nasadzuje modely na rozpoznávanie gest (napr. CNN a RNN) na klasifikáciu zložitých podpisových vzorov.
- Umožňuje efektívne nasadenie na mobilných zariadeniach pre preklad v reálnom čase.

4) PyTorch:

Popis: Deep Learning framework, známy pre flexibilitu a hlavne pre dynamické výpočtové grafy.

Kľúčové vlastnosti:

- Jednoduchosť vývoja modelov: Flexibilný vývoj modelov prostredníctvom jeho neurónového sieťového API.
- Integrácia s ONNX: Konvertuje modely do formátu ONNX na širšie nasadenie.
- TorchScript: Slúži ako stredný reprezentant na efektívnu inferenciu modelov.

Aplikácie v preklade posunkového jazyka:

- Trénuje sofistikované modely na detekciu a klasifikáciu gest rúk.
- Umožňuje exportovať modely do ONNX alebo TorchScript na inferenciu v reálnom čase.

5) OpenPose

Popis: Knižnica na detekciu viacerých osôb v reálnom čase, ktorá identifikuje kľúčové body kostry celého tela vrátane rúk a tváre.

Kľúčové vlastnosti:

- Odhad pozície tela: Rozpoznáva kostru celého tela, čo je užitočné pri analýze postoja tela.
- Detekcia kľúčových bodov na rukách: Detekuje a sleduje kľúčové body oboch rúk.
- Detekcia tvárových landmarkov: Identifikuje výrazy tváre na sprostredkovanie významu v posunkovom jazyku.

Aplikácie v preklade posunkového jazyka:

- Umožňuje komplexnú detekciu gest a výrazov viacerých znakujúcich.
- Efektívne pre veľké systémy s viacerými súčasnými používateľmi.

6) Dlib:

Popis: Toolkit na strojové učenie a analýzu dát, známy najmä pre detekciu tvárových výrazov.

Kľúčové vlastnosti:

- Zarovnávanie tváre: Zarovnáva tvárové landmarky na detekciu emócií a gest.
- Predikcia tvaru: Predpovedá tvar tvárových prvkov.
- Integrácia s inými modelmi: Dobre funguje s inými ML modelmi na rozpoznávanie gest.

Aplikácie v preklade posunkového jazyka:

- Pomáha identifikovať výrazy tváre, ktoré sprevádzajú gestá posunkového jazyka.
- Užitočné na rozpoznávanie kontextovo citlivých gest.

5.2.2 Výzvy pri zachytávaní gest a výrazov posunkového jazyka

Vývoj softvéru schopného presne prekladať posunkový jazyk na hovorené slová v reálnom čase predstavuje výzvu vzhľadom na jemné detaily, ktoré sú preň charakteristické. Tu je bližší pohľad na konkrétne výzvy:

1) Komplexnosť gest:

- Viacdimenziálne gestá: Posunkový jazyk zahŕňa trojrozmerné pohyby rúk vrátane tvarov, orientácie a pohybov rúk. Prsty často predstavujú rôzne konfigurácie alebo písmená, čo zvyšuje zložitosť.

- Výrazy tváre a reč tela: Nemanuálne ukazatele, ako výrazy tváre a reč tela, sú kľúčové na sprostredkovanie významu a tónu, čo môže zásadne zmeniť význam znaku.

2) Variabilita medzi jednotlivcami:

- Osobné variácie: Rôzni ľudia môžu podpisovať to isté slovo alebo koncept odlišne kvôli osobnému štýlu, regionálnym dialektom a rýchlosti.
- Rýchlosť znakovania: Niektorí ľudia znakujú veľmi rýchlo, zatiaľ čo iní používajú pomalšie gestá. Softvér musí tento rozsah zvládnuť.
- Neštandardné znakovanie: Niektorí znakujúci môžu mať postihnutie alebo jedinečné spôsoby znakovania, ktoré sa líšia od štandardizovaných foriem.

3) Vplyvy prostredia:

- Svetelné podmienky: Premennivé svetelné podmienky (napr. odlesky, slabé prostredie) môžu znížiť viditeľnosť pohybov rúk a tela.
- Šum v pozadí: Zložitá alebo dynamická pozadie môže narušiť presnosť detekcie gest.
- Kvalita kamery: Rozlíšenie, počet snímkov za sekundu a umiestnenie kamery môžu ovplyvniť výkon rozpoznávania gest.

4) Zakrývanie gest a prekrývajúce sa gestá:

- Zakrývanie rukou: Pri rýchlom znakovaní alebo pri znakoch zahŕňajúcich obe ruky môže jedna ruka zakryť druhú, čo vedie k neúplným údajom na detekciu gest.
- Prekrývanie tela: Niektoré znaky zahŕňajú pohyb rúk blízko tváre alebo tela, čo sťažuje detekciu.

5) Časové výzvy:

- Kontinuálne sekvencie gest: Rozpoznanie gest v kontinuálnych sekvenciách je náročné, pretože prechody medzi gestami sa môžu u jednotlivcov líšiť.
- Nejednoznačné začiatkové a koncové body: Je potrebné presne určiť, kde jedno gesto končí a druhé začína, aby bol preklad presný.

6) Diverzita posunkového jazyka:

- Rôzne jazyky a dialekty: Existuje veľa posunkových jazykov s jedinečnou štruktúrou, slovnou zásobou a idiómami. Softvér by mal byť schopný spracovať tieto variácie a prispôbiť sa im.

7) Nedostatok vysokokvalitných anotovaných údajov:

- Obmedzené tréningové údaje: Veľké anotované dátové sady pre rôzne posunkové jazyky sú zriedkavé, čo sťažuje výcvik veľmi presných modelov.
- Kultúrna citlivosť: Niektoré gestá môžu byť kultúrne citlivé alebo môžu mať regionálny význam, čo komplikuje zber údajov a tréning.

5.2.3 Význam navrhovaných funkcií softvéru

1) Presné rozpoznávanie gest:

- Spoľahlivé rozpoznávanie rôznych gest: vďaka modelom Deep Learning, ako sú CNN, a špecializovaným frameworkom ako mediapipe môže softvér rozlišovať širokú škálu gest vrátane jemných pozícií prstov a pohybov rúk.
- Analýza založená na landmarkoch: mediapipe identifikuje významné landmarky na rukách, čo umožňuje presne interpretovať zložité gestá.

2) Optimalizované spracovanie v reálnom čase:

- Asynchrónne spracovanie: softvér môže súčasne analyzovať nasledujúce snímky pri interpretácii aktuálnych gest.
- Ľahká inferencia: frameworky optimalizované pre edge zariadenia, ako tensorflow lite alebo onnx runtime, zaručujú efektívne spracovanie.

3) Komplexné mapovanie gest:

- Časová analýza pomocou RNN: modely LSTM interpretujú sekvenciu gest, čo je rozhodujúce na preklad nepretržitého znakovania.
- Mapovanie na základe transformátora: sekvencia-sekvencia architektúra umožňuje efektívne prekladať sekvencie gest na jazyk.

4) Prispôsobiteľnosť rôznym scenárom:

- Generalizácia modelu: pipeline trénované na rôznych dátach zaručujú presnosť v rôznych podmienkach.
- Flexibilita integrácie: softvér podporuje viacero knižníc a Machine Learning modelov, takže sa dá prispôbiť konkrétnym jazykom.

Tieto funkcie zabezpečujú, že softvér môže efektívne slúžiť rôznym skupinám používateľov, poskytovať plynulý a presný zážitok z prekladu a podporovať dostupnú komunikáciu pre ľudí s poruchami sluchu.

5.2.4 Riešenia pre analýzu videa v reálnom čase a rozpoznávanie gest

Na riešenie zložitostí pri analýze videa v reálnom čase pre rozpoznávanie posunkového jazyka je potrebné implementovať riešenia, ktoré vyvážia presnosť s rýchlosťou a zároveň zvládajú rôzne výzvy. Podrobné prístupy:

5.2.4.1 Modelové architektúry na detekciu gest

1) Konvolučné neurónové siete (CNN):

CNN sú účinné pri statickom rozpoznávaní gest, pretože sú špecializované na úlohy klasifikácie obrazu.

- Predtrénované modely: modely ako inception, resnet alebo mobilenet možno vyladiť na detekciu statických gest s využitím transferového učenia.
- Implementácia v reálnom čase: ich výpočtová efektívnosť umožňuje spracovanie s relatívne nízkou latenciou.

2) **Modely detekcie kľúčových bodov:**

Tieto modely identifikujú orientačné body na rukách a tele na odvodenie pozícií a gest.

- Mediapipe hands: detekuje a sleduje orientačné body rúk s nízkou latenciou.
- Openpose / blazepose: rozpoznáva kľúčové body na celom tele.
- Aplikácia: poskytujú štruktúrované údaje na pochopenie zložitých gest zahŕňajúcich pohyby rúk a tela.

3) **Rekurentné neurónové siete (RNN):**

RNN sa špecializujú na spracovanie sekvenčných údajov a chápanie časových dynamík.

- Lstms (long short-term memory): variant RNN, ktorý pomáha zachovať kontext v čase.

4) **Transformátory:**

Pôvodne navrhnuté pre NLP, transformátory sú vynikajúce pri zachytávaní dlhodobých závislostí v sekvenčných údajoch.

- Mapovanie gest na jazyk: architektúra sekvencia-sekvencia sa dá natrénovať na konverziu sekvencií gest do jazykových fráz.

5.2.4.2 *Optimalizácia výkonu v reálnom čase*

1) **Rámce ľahkej inferencie:**

- Tensorflow lite / onnx runtime: ponúkajú zmenšené modely s technikami ako kvantizácia a redukovanie objemu dát.
- Edge AI zariadenia: optimalizované pre špeciálny hardvér na ešte rýchlejšie inferencie.

2) **Asynchrónne spracovanie:**

- Umožňuje neblokujúcu analýzu snímok videa, takže ďalšia snímka sa môže začať spracovávať, kým sa analyzuje aktuálna.

3) **Paralelné vykonávanie úloh:**

- Rozdelením úloh, ako je rozpoznávanie gest, NLP a syntéza text-to-speech, je možné vykonávať súčasne s viacerými pipeline.

4) **Techniky znižovania latencie:**

- Výber snímok: nemusia sa analyzovať všetky snímky, takže výber snímok znižuje záťaž bez obetovania presnosti.
- Posuvné okná: umožňujú plynulé prechody, čo zabraňuje nesprávnej interpretácii gest.

5.2.4.3 *Správa a predspracovanie údajov gest*

1) **Dátové obohacovanie:**

- Rotácia, škálovanie a zrkadlenie pomáhajú zvýšiť robustnosť modelov voči rôznym znakujúcim a prostrediam.

2) **Odstránenie pozadia:**

- Oddelenie zón rúk a tela od pozadia znižuje šum a umožňuje presnejšiu detekciu gest.

3) **Normalizácia:**

- Normalizácia veľkostí snímok a údajov z kľúčových bodov zabezpečuje konzistentný vstup pre neurónové siete.

5.2.4.4 Komplexné mapovanie gest na prirodzený jazyk

1) Knižnice mapovania:

- Vytvárajú mapovanie gest na jazyk pomocou techník NLP.
- Zohľadňujú prepínanie kontextu pomocou pravdepodobnostných modelov.

2) Transferové učenie:

- Jemne doladuje modely gest na konkrétne posunkové jazyky.

Tieto riešenia umožňujú analýzu videa a rozpoznávanie gest v reálnom čase, ktoré sú potrebné na presný preklad posunkového jazyka a na riešenie spomínaných výziev.

5.3 Rozšírená realita a pokročilé rozhrania

Rozšírená realita (AR) môže revolučne zmeniť preklad znakového jazyka tým, že poskytne vizuálnu spätnú väzbu v reálnom čase a imerzívne rozhrania, ktoré zlepšujú komunikáciu a pochopenie. Táto kapitola skúma potenciál AR na zlepšenie user experience a hodnotí platformy a nástroje AR vhodné na vizualizáciu prekladu v reálnom čase. Taktiež sa zaoberá implementáciou hmatovej spätnej väzby na sprístupnenie a intuitívnosť systému.

5.3.1 Potenciál rozšírenej reality na zlepšenie user experience

Použitie rozšírenej reality pri preklade posunkového jazyka na hovorené slová otvára nové možnosti, ktoré používateľom umožňujú ponoriť sa do kombinovaného prostredia, ktoré spája reálny svet s digitálnymi prvkami. AR umožňuje používateľom:

1) Spätná väzba gest v reálnom čase:

AR okuliare alebo obrazovky smartfónov zobrazujú vizuálne indikátory, ktoré v reálnom čase zvýrazňujú rozpoznané gestá a ich zodpovedajúce preklady. Táto okamžitá spätná väzba zlepšuje skúsenosť a porozumenie používateľov.

2) Imerzívne vizuálne náznaky:

Tvorbou imerzívneho zážitku môže AR poskytnúť doplnkové informácie, ako napríklad polohu orientačných bodov rúk alebo návrhy slov.

Tieto vizuálne pomôcky umožňujú nielen novým, ale aj skúseným používateľom lepšie porozumieť zložitým gestám.

3) Vizualizácia prekladu znakov:

Softvér dokáže zobrazíť slová, vety alebo dokonca video avatarov, ktoré znázorňujú preložené frázy, čo umožňuje používateľom prijímať jazykovú podporu v reálnom čase.

4) Kontextuálna interakcia:

Vizuálne prekrytia sa prispôsobujú prostrediu a poskytujú kontextuálne relevantné informácie na základe gest alebo hovorených slov.

Táto interaktívna schopnosť obohacuje komunikačný zážitok medzi nepočujúcimi jednotlivcami a tými, ktorí rozumejú hovorenému jazyku.

5.3.2 Hodnotenie platforiem a nástrojov AR na vizualizáciu prekladu v reálnom čase

Integrácia AR do systému prekladu posunkového jazyka v reálnom čase si vyžaduje platformy schopné efektívne zobrazovať vizuálne podnety a zároveň sa hladko prepájať so zadným prekladovým modulom.

1) Arcore (google):

Popis: SDK, ktorý umožňuje vývojárom vytvárať AR aplikácie pre zariadenia s androidom.

Kľúčové funkcie:

- Porozumenie prostredia: dokáže detekovať rovné povrchy a odhadnúť ich polohu v reálnom svete.
- Odhad svetla: upravuje jas a farbu prekrytých vizuálnych podnetov tak, aby zodpovedali okolitému svetlu.
- Rozšírené obrázky: rozpoznáva vopred definované obrázky, ktoré možno použiť na výučbu alebo poskytovanie kontextových náznakov.

2) Arkit (apple):

Popis: AR rámec na vytváranie aplikácií pre zariadenia s ios.

Kľúčové funkcie:

- Sledovanie pohybu: používa senzory zariadenia na sledovanie pohybu a orientácie.
- Rekonštrukcia scény: mapuje prostredie na rozpoznávanie povrchov a objektov, čo umožňuje presnejšie vizuálne prekrytia.
- Sledovanie tváre: identifikuje orientačné body a emócie na tvári, čo môže dopĺňať preklad posunkového jazyka.

3) Microsoft hololens:

Popis: headset pre zmiešanú realitu (MR), ktorý poskytuje bezdotykovú AR interakciu.

Kľúčové funkcie:

- Mapovanie priestoru: presne mapuje okolité prostredie, aby premietal 3d holografické obrázky, s ktorými môžu používatelia interagovať.
- Rozpoznávanie gest: umožňuje používateľom používať na interakciu s holografickým rozhraním gestá rúk.

4) Unity s Vuforia:

Popis: herný vývojový engine integrovaný s AR SDK na vytváranie multiplatformových AR aplikácií.

Kľúčové funkcie:

- Sledovanie viacerých objektov: sledovanie viacerých objektov súčasne, čo je užitočné pri preklade viacerých posunkov.
- Sledovanie na základe ukazateľov: rozpoznáva vopred definované ukazatele, ktoré možno prispôsobiť pre rôzne gestá.

5.3.3 Implementácia hmatovej a vibračnej spätnej väzby

Komplementárne hmatové a vibračné mechanizmy spätnej väzby môžu výrazne zlepšiť používateľský zážitok, najmä pre ľudí, ktorí sa spoliehajú na hmatové informácie.

1) Nositeľné hmatové zariadenia:

Popis: nositeľné hmatové zariadenia, ako inteligentné rukavice, môžu poskytovať priamu spätnú väzbu na základe rozpoznaných gest.

Použitie v preklade:

- Hmatová spätná väzba informuje tlmočníka, keď je jeho gesto správne rozpoznané.
- Môže posilniť správne pohyby a pomôcť používateľom naučiť sa presné techniky znakovania.

2) Vibračné upozornenia:

Popis: vibračné upozornenia prostredníctvom nositeľných zariadení alebo smartfónov môžu slúžiť ako podnety na posunkovanie.

Použitie v preklade:

- Môžu signalizovať chyby alebo navrhovať opravy, ak aktuálne gesto nie je rozpoznané.
- Poskytujú upozornenia na ďalšie navrhované gesto, aby uľahčili preklad.

3) Integrácia viacmyslovej spätnej väzby:

Popis: kombinuje hmatovú, vibračnú a vizuálnu spätnú väzbu na vytvorenie súvislého a pohlcujúceho používateľského zážitku.

Použitie v preklade:

- Poskytuje redundantný systém, kde používatelia dostávajú spätnú väzbu prostredníctvom viacerých kanálov súčasne.
- Zabezpečuje dostupnosť a použiteľnosť aj v rôznych podmienkach prostredia.

5.3.4 Prototyp softvérovej architektúry

Spojením všetkých doteraz diskutovaných prvkov načrtneme softvérovú architektúru, ktorá integruje AR a vibračnú spätnú väzbu pre systém prekladu posunkového jazyka.

Modul 1: rozpoznávanie gest v reálnom čase

- Zachytáva video vstup a spracováva snímky pomocou modelov na detekciu orientačných bodov (napr. Mediapipe hands).
- Rozpoznáva gestá a posiela údaje do modulu na spracovanie sekvencií.

Modul 2: spracovanie sekvencie gest

- Zhromažďuje rozpoznané gestá do sekvencií pomocou časových modelov (napr. LSTMs alebo transformátory).
- Predpovedá a zobrazuje konečný preložený text.

Modul 3: zobrazenie rozhrania AR

- Prijíma preložený text a zobrazuje ho pomocou AR prekrytí.
- Poskytuje doplnkové vizuálne podnety, ako napríklad polohy rúk, avatarov pre gestá a návrhy slov.

Modul 4: správca vibračnej spätnej väzby

- Monitoruje rozpoznané gestá a ovláda nositeľné vibračné zariadenia.
- Posiela vibračné upozornenia alebo opravy na základe presnosti rozpoznania gesta.

Modul 5: prevod textu na reč

- Konvertuje preložený text na hovorené slová pomocou strojov na prevod textu na reč.
- Vysiela hovorený jazyk do AR zariadenia alebo reproduktora.

5.3.5 Implementačný kód

Pozrime sa na niekoľko úryvkov pseudokódu, ktoré znázorňujú implementáciu kľúčových komponentov:

```
1 # Load pre-trained keypoint detection model (MediaPipe Hands)
2 import mediapipe as mp
3 mp_hands = mp.solutions.hands.Hands()
4
5 # Load pre-trained sequence model (LSTM)
6 import tensorflow as tf
7 model = tf.keras.models.load_model('gesture_sequence_model.h5')
8
9 # Real-time video input and processing
10 import cv2
11 cap = cv2.VideoCapture(0)
12
13 while cap.isOpened():
14     success, frame = cap.read()
15     if not success:
16         break
17
18     # Process frame with MediaPipe Hands
19     results = mp_hands.process(cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB))
20     if results.multi_hand_landmarks:
21         landmarks = extract_keypoints(results)
22
23         # Predict gesture sequence
24         predicted_text = predict_gesture_sequence(landmarks, model)
25         print(f'Predicted: {predicted_text}')
26
27     # Display the frame
28     cv2.imshow('Sign Language Translator', frame)
29     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
30         break
31
32 cap.release()
33 cv2.destroyAllWindows()
```

Obrázek 28: Rozpoznávanie gest a predikcia sekvencií (Python s TensorFlow)

```
1 using UnityEngine;
2 using Vuforia;
3
4 0 references
5 public class ARTranslation : MonoBehaviour
6 {
7     1 reference
8     public TextMesh translationText;
9     1 reference
10    private string currentTranslation;
11
12    // Update is called once per frame
13    0 references
14    void Update()
15    {
16        // Assume currentTranslation is updated by the gesture recognition backend
17        translationText.text = currentTranslation;
18    }
19 }
```

Obrázek 29: AR vizualizácia (Unity C# a Vuforia)

5.4 Cloud Computing a Edge Computing Riešenia

Pri vytváraní systému prekladu posunkového jazyka v reálnom čase je dôležité posúdiť architektúry najvhodnejšie pre túto úlohu. Cloud computing a edge computing ponúkajú rôzne výhody a kompromisy. Táto kapitola skúma klady a zápory oboch architektúr, hodnotí cloudové služby z hľadiska škálovateľnosti a spoľahlivosti a diskutuje stratégie optimalizácie spracovania a ukladania dát.

5.4.1 Klady a Zápory Cloudových vs. Edge Computing Architektúr pre Preklad v Reálnom Čase

Obe architektúry majú svoje silné stránky aj výzvy pri preklade posunkového jazyka. Pre pochopenie ich dopadu na dizajn systému, ktorý poskytuje optimálny výkon, je dôležité preskúmať ich vlastnosti.

Výhody cloud computingu:

- Škálovateľnosť: Cloudové platformy môžu rýchlo zvýšiť alebo znížiť zdroje podľa potreby úloh rozpoznávania a prekladu gest.
- Nákladová efektívnosť: Modely pay-as-you-go minimalizujú počiatkové náklady a umožňujú sústrediť sa na podstatné zdroje.
- Globálna prístupnosť: Používatelia z rôznych regiónov môžu mať prístup k službe prekladu, čo podporuje širšiu spoluprácu.

Nevýhody cloud computingu:

- Latencia: Prenos video dát do cloudu a čakanie na výsledky prekladu zvyšuje latenciu, čo môže zhoršiť používateľský zážitok v aplikáciách v reálnom čase.
- Súkromie: Prenos video streamov do cloudu vyvoláva otázky súkromia a bezpečnosti údajov.

Výhody edge computingu:

- Nízka latencia: Spracovanie dát na lokálnych zariadeniach eliminuje oneskorenie pri prenose do cloudu a umožňuje rýchlejšiu spätnú väzbu v reálnom čase.
- Súkromie: Užívateľské dáta zostávajú na lokálnych zariadeniach, čím sa zvyšuje bezpečnosť a ochrana súkromia.

Nevýhody edge computingu:

- Obmedzenia zdrojov: Zariadenia majú obmedzený výpočtový výkon, pamäť a úložisko, čo môže brániť nasadeniu zložitých modelov.
- Fragmentácia zariadení: Variácie vo výkone zariadení vedú k nekonzistentným výsledkom.

5.4.2 Hodnotenie Cloudových Služieb a Infraštruktúry z Hľadiska Škálovateľnosti a Spoľahlivosti

Na využitie výhod cloud computingu pri súčasnom zmiernení jeho problémov sú pre preklad posunkového jazyka v reálnom čase dôležité tieto služby a infraštruktúra:

Service-Oriented Architecture (SOA): Rozdelenie systému na mikro služby umožňuje nezávislé škálovanie, aktualizáciu a testovanie.

- Prečo je to dôležité: Podporuje modularitu, zvyšuje udržateľnosť a odolnosť systému.

Content Delivery Network (CDN): CDN znižuje latenciu ukladaním prekladov a animácií avatara blízko koncovým používateľom.

- Prečo je to dôležité: Pomáha rýchlo poskytovať často používané zdroje a minimalizovať latenciu.

Load Balancing and Auto-Scaling: Distribuuje pracovné zaťaženie medzi viaceré inštancie a dynamicky upravuje zdroje podľa dopytu.

- Prečo je to dôležité: Zabraňuje preťaženiu a zaisťuje konzistentný výkon počas nárastu prevádzky.

Multi-Region Deployment: Rozmiestnenie služieb v rôznych dátových centrách zlepšuje toleranciu chýb a znižuje latenciu pre regionálnych používateľov.

- Prečo je to dôležité: Pomáha zachovať dostupnosť a spoľahlivosť prekladovej služby na globálnej úrovni.

5.4.3 Stratégie na Optimalizáciu Spracovania a Ukladania Dát

Optimalizácia spracovania a ukladania dát je kľúčová pre efektívny preklad posunkového jazyka do hovoreného slova, čím sa zabezpečuje nízka latencia a vysoká presnosť bezpečným spôsobom. Tu podrobne opisujeme konkrétne stratégie a vysvetľujeme ich dôležitosť.

1) Edge-Based Data Preprocessing:

Edge zariadenia môžu pred prenosom informácií do cloudových služieb vykonať predbežné spracovanie údajov, čím sa zníži veľkosť dát a zlepší latencia.

Kľúčové techniky:

- Redukcia šumu a filtrovanie: Odstránenie šumu alebo nerelevantných snímok (napr. prázdne alebo irelevantné pohyby rúk).
- Kompresia snímok: Použitie ľahkých kompresných techník na minimalizáciu veľkosti dát.
- Segmentácia gest: Segmentácia video snímok na gestá a nesúvisiace časti.

Výhody:

- Zníženie šírky pásma: Kompresia a filtrovanie dát minimalizuje šírku pásma a zrýchľuje prenos.
- Zlepšená bezpečnosť: Uchovanie citlivých dát na zariadení zlepšuje ochranu súkromia.
- Spätná väzba v reálnom čase: Spracované dáta môžu poskytnúť okamžitú spätnú väzbu na edge zariadeniach.

```
1  import cv2
2
3  def filter_relevant_frames(frame):
4      # Convert to grayscale to detect simple gestures
5      gray_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
6
7      # Apply a threshold to isolate gestures
8      _, thresholded = cv2.threshold(gray_frame, 50, 255, cv2.THRESH_BINARY)
9
10     # Further processing to segment relevant gestures
11
12     return thresholded
```

Obrázek 30: Zmena farebnej schémy a izolácia gest (Python)

2) Federated Learning pre Tréning Modelu:

Federované učenie je inovatívny prístup, pri ktorom lokálne modely na používateľských zariadeniach spolupracujú na tréningu globálneho modelu bez zdieľania predspracovaných dát.

Kľúčové techniky:

- Lokálne aktualizácie modelu: Každé edge zariadenie trénuje svoj model pomocou lokálne dostupných dát.
- Agregovaný globálny model: Centralizovaný server agreguje lokálne trénované modely do jedného globálneho modelu.
- Zabezpečená agregácia: Implementujte šifrovanie alebo diferenciálne súkromie na zaistenie bezpečnosti dát.

Výhody:

- Ochrana súkromia: Osobné údaje o gestách sa nezdieľajú priamo.
- Personalizované modely: Modely sa môžu prispôbiť správaniu jednotlivých používateľov.
- Škálovateľnosť: Federované učenie škáluje horizontálne naprieč viacerými zariadeniami.

3) Delenie a Kompresia Dát:

Delenie dát podľa kritérií, ako sú regióny alebo skupiny používateľov, pomáha rozložiť záťaž a zaistiť rýchlejšie vyhľadávanie. Kompresia ďalej znižuje potrebu úložiska.

Kľúčové techniky:

- Hierarchické delenie dát: Rozdelenie dát podľa jazyka, regiónu a vzorov používania.
- Sekvenčné odstraňovanie duplícít: Identifikácia a kompresia opakujúcich sa sekvencií gest.
- Bezstratová kompresia: Použite bezstratovej metódy (napr. LZ77) na zachovanie kvality dát.

Výhody:

- Zlepšené vyhľadávanie: Delenie optimalizuje vyhľadávanie dát, najmä pre preklad v reálnom čase.
- Účinnosť úložiska: Kompresné techniky výrazne znižujú potrebu úložného priestoru.

4) Inkrementálna Synchronizácia Dát:

Synchronizujeme iba najnovšie zmeny medzi edge a cloud zariadeniami, čím minimalizujeme zbytočné prenosy dát.

Kľúčové techniky:

- Sledovanie zmien: Sledujeme aktualizácie na edge zariadeniach a synchronizujeme iba upravené dáta.
- Diferenciálne synchronizačné protokoly: Používame efektívne protokoly ako Rsync alebo delta kódovanie.
- Riešenie konfliktov: Riešime konflikty dát pomocou časových značiek alebo stanovenia priorít.

Výhody:

- Zníženie latencie: Synchronizácia iba inkrementálnych zmien minimalizuje čas prenosu dát.
- Úspora šírky pásma: Šetrí značnú šírku pásma pri práci s veľkými dátovými sadami.

Implementáciou týchto stratégií môže softvér pre preklad posunkového jazyka efektívne spracovávať a ukladať dáta, pričom poskytuje plynulý zážitok z prekladu v reálnom čase a zároveň zachováva bezpečnosť a efektívnosť.

5.5 Budúce Technológie a Inovácie

Oblasť prekladu posunkového jazyka sa opiera o pokroky v oblasti počítačového videnia, umelej inteligencie a spracovania dát v reálnom čase. Táto posledná kapitola skúma nové technológie, ktoré by mohli ovplyvniť softvér pre preklad posunkového jazyka, vrátane možných prelomov vo výpočtovom výkone, AI a interakcii človek-počítač. Tieto inovácie môžu zvýšiť odolnosť prekladového systému a zabezpečiť jeho dlhodobú udržateľnosť.

5.5.1 Technológie pre Preklad Posunkového Jazyka v Reálnom Čase

1) Pokroky v Počítačovom Videní

Moderná technológia počítačového videnia je rozhodujúca pre zachytenie a interpretáciu gest posunkového jazyka. Systém musí byť schopný rozlíšiť jemné pohyby rúk, výrazy tváre a polohy tela.

Kľúčové Technológie:

- Hĺbkové Kamery (napr. Microsoft Kinect): Zachytávajú 3D údaje pre vyššiu presnosť pri rozpoznávaní gest.
- Kamery s Vysokým Rozlíšením: Zlepšujú detekciu jemných pohybov, najmä pri výrazoch tváre.
- Infračervené Kamery: Umožňujú presné sledovanie gest aj za znížených svetelných podmienok.

2) AI-Založené Rozpoznávanie Gest

Na správne identifikovanie gest a ich prevod do hovoreného jazyka sú potrebné modely strojového učenia vycvičené na rozsiahlych dátových súboroch.

Kľúčové Technológie:

- Deep learning: CNN (konvolučné neurónové siete) pre vizuálne dáta, RNN (rekurentné neurónové siete) a Transformery pre časové sekvencie.
- Transfer Learning: Predtrénované modely prispôsobené špecifickým úlohám rozpoznávania posunkového jazyka.
- Federované Učenie: Agreguje lokálne aktualizácie modelu a zároveň zachováva súkromie používateľských dát.

```

1  import torch
2  import torch.nn as nn
3  import torch.optim as optim
4  from torch.utils.data import DataLoader, Dataset
5
6  class GestureDataset(Dataset):
7      def __init__(self, images, labels):
8          self.images = images
9          self.labels = labels
10
11     def __len__(self):
12         return len(self.images)
13
14     def __getitem__(self, idx):
15         return self.images[idx], self.labels[idx]
16
17     class GestureCNN(nn.Module):
18         def __init__(self):
19             super(GestureCNN, self).__init__()
20             self.conv1 = nn.Conv2d(1, 32, kernel_size=3)
21             self.conv2 = nn.Conv2d(32, 64, kernel_size=3)
22             self.fc1 = nn.Linear(64 * 6 * 6, 128)
23             self.fc2 = nn.Linear(128, 10) # Assume 10 gesture classes
24
25         def forward(self, x):
26             x = torch.relu(self.conv1(x))
27             x = torch.max_pool2d(x, 2)
28             x = torch.relu(self.conv2(x))
29             x = torch.max_pool2d(x, 2)
30             x = x.view(-1, 64 * 6 * 6)
31             x = torch.relu(self.fc1(x))
32             x = self.fc2(x)
33             return torch.softmax(x, dim=1)
34
35     # Example training routine
36     images = [...] # Placeholder for gesture image dataset
37     labels = [...] # Corresponding labels
38     train_loader = DataLoader(GestureDataset(images, labels), batch_size=32, shuffle=True)
39
40     model = GestureCNN()
41     optimizer = optim.Adam(model.parameters(), lr=0.001)
42     criterion = nn.CrossEntropyLoss()
43
44     # Training loop
45     for epoch in range(10): # Example epoch count
46         for data, target in train_loader:
47             optimizer.zero_grad()
48             output = model(data)
49             loss = criterion(output, target)
50             loss.backward()
51             optimizer.step()

```

Obrázek 31: Pytorch CNN

3) Generovanie reči a NLP

Ďalším krokom je preklad rozpoznaných gest do hovoreného jazyka pomocou syntézy reči.

Kľúčové Technológie:

- Enginy Text-to-Speech (TTS): Prevádzajú rozpoznané gesta do syntetickej, prirodzene znejúcej reči.
- Natural Language Processing (NLP): Zdokonaľujú a prispôsobujú preklad pre lepšie kontextuálne pochopenie.

4) Hardvérová Akcelerácia

Hardvérová akcelerácia výrazne ovplyvňuje rýchlosť spracovania a latenciu, čo je pre preklad v reálnom čase kritické.

Kľúčové Technológie:

- GPU (Graphics Processing Units): Tréning a inferencia modelov hlbokého učenia.
- TPU (Tensor Processing Units): Špecializované čipy optimalizované pre úlohy strojového učenia.
- ASIC (Application-Specific Integrated Circuits): Vlastné čipy so špecifickou logikou.

5) Vylepšenia Interakcie Človek-Počítač

Zlepšenie používateľskej skúsenosti prostredníctvom inovatívnych prístupov k interakcii.

Kľúčové Technológie:

- Augmented Reality (AR): Umiestnenie vizuálnych prekladov do reálnych prostredí.
- Virtual Reality (VR): Vytvorenie pohlcujúcich vzdelávacích prostredí na nácvik gest.

5.5.2 Úvahy o použiteľnosti v budúcnosti

1) Škálovateľnosť a Modularita

Škálovateľný a modulárny dizajn zaručuje, že nové funkcie sa môžu pridávať bez narušenia existujúcich funkcií.

- Architektúra Mikro Služieb: Rozdelíme funkcie na nezávislé služby.
- API Gateway: Poskytneme bezpečný prístup k základným službám.

2) Súkromie a Bezpečnosť

Budúce návrhy by mali zohľadňovať vyvíjajúce sa predpisy o bezpečnosti a ochrane súkromia dát.

- Federované Učenie: Minimalizujeme pohyb dát a zachováva súkromie.
- Šifrovanie Dát: Zabezpečíme, aby boli dáta šifrované počas prenosu aj ukladania.

3) Neustály Tréning Modelu

Umožníme neustále zlepšovanie tým, že budeme modely kontinuálne trénovať na nových dátových súboroch.

- Aktívne Učenie: Zapojíme spätnú väzbu od používateľov na neustále zlepšovanie.

- **Automatizované Aktualizácie Modelu:** Bezproblémové aktualizácie modelov na základe používateľských dát.

5.5.3 Záver

Nové technológie pretransformujú softvér na preklad posunkového jazyka v reálnom čase, čím sa zlepši presnosť, škálovateľnosť a používateľský zážitok. Budúce systémy musia zahŕňať modulárne návrhy, federované učenie pre zachovanie súkromia a špičkové technológie AI, aby sa zabezpečila dlhodobá životaschopnosť a globálna prístupnosť.

ZÁVĚR

Komplexný prieskum prezentovaný v tejto bakalárskej práci zdôrazňuje vyvíjajúci sa potenciál technológie pri zvyšovaní prístupnosti softvéru pre preklad posunkového jazyka. Preskúmali sme výzvy spojené s prekladom posunkového jazyka, analyzovali súčasné technológie a diskutovali o budúcich inováciách, ktoré by mohli zmeniť túto oblasť. Hlavným záverom našich zistení je rozpoznanie kľúčovej úlohy umelej inteligencie a počítačového videnia pri rozpoznávaní komplexných gest v spojení so syntézou reči pre plynulý preklad. Vďaka našim zisteniam sme boli schopní navrhnúť software na preklad znakového jazyka do hovorenej reči s dôrazom a zohľadnením všetkých potrieb, ktoré sme definovali v teoretickej časti tejto bakalárskej práce.

Zdôraznili sme dôležitosť škálovateľného a modulárneho dizajnu softvéru, ktorý zabezpečuje adaptabilitu a integráciu nových funkcií, pričom chráni existujúcu funkcionálnosť. Rovnako sme dali pozornosť rastúcemu významu mechanizmov na ochranu súkromia, ako je federované učenie a bezpečné šifrovanie údajov, ktoré budú kľúčové pri zachovaní dôvery používateľov a dodržiavaní globálnych pravidiel ochrany údajov.

Ďalej, využívanie inovatívnych prístupov v oblasti rozšírenej a virtuálnej reality spolu s hardvérovou akceleráciou a rámcami deep learning sľubuje bezprecedentné zlepšenia v presnosti a angažovanosti používateľov. Tieto technológie ponúkajú cestu vpred, ktorá umožní, aby bol softvér na preklad posunkového jazyka pohotovejší, presnejší a pohlcujúci.

Stručne povedané, strategické začlenenie vznikajúcich technológií a zohľadnenie rozmanitých potrieb používateľov môže budúci prekladový softvér posilniť a podporiť inkluzívnejšiu komunikáciu, čím otvorí nové príležitosti pre globálnu komunitu nepočujúcich a nedoslýchavých. Prijatie inovatívneho prístupu zameraného na používateľov zabezpečí, že táto technológia zostane v dlhodobom horizonte odolná a udržateľná.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Valli, C., & Lucas, C. (2011). *Linguistics of American Sign Language: An Introduction*. 5th ed. Washington, D.C.: Gallaudet University Press. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/j.ctv2rh2b9v>. EISBN: 978-1-944838-88-1.
- [2] Lane, H. (1992). *The Mask of Benevolence: Disabling the Deaf Community*. New York: Knopf. ISBN: 978-0679404620.
- [3] Kishore, P. (2024). "Sign Language Recognition using Mediapipe and RNNModels (LSTMand GRU)." *PLOS ONE*, 10(2). ISSN: 2395-1303. Dostupné z: <http://www.ijetjournal.org/IJET-V10I2P32.pdf> [cit. 2024-20-03].
- [4] Stokoe, W. C. (1960). *Sign Language Structure: An Outline of the Visual Communication Systems of the American Deaf*. *Studies in Linguistics: Occasional Papers No. 8*. Buffalo: University of Buffalo, Department of Anthropology and Linguistics. ISSN: 1465-7325. DOI: <https://doi.org/10.1093/deafed/eni001>.
- [5] Sandler, W., & Lillo-Martin, D. (2006). *Sign Language and Linguistic Universals*. Cambridge: Cambridge University Press. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139163910>. ISBN: 9781139163910.
- [6] Lucas, C., et al. (2001). *The Sociolinguistics of Sign Languages*. Cambridge: Cambridge University Press. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511612824>. ISBN: 9780511612824.
- [7] Brennan, M. (1990). *Words in Hand: A Structural Analysis of the Signs of British Sign Language*. Edinburgh: Moray House College. ISBN: 978-0950975009.
- [8] Bahan, B. (1996). "Non-Manual Realization of Agreement in American Sign Language." Dissertation, Boston University Graduate School of Arts and Sciences. Dostupné z: <https://louis-xiv.bu.edu/pub/asl/disserts/Bahan96.pdf> [cit. 2024-26-03].
- [9] Johnston, T., & Schembri, A. (2007). *Australian Sign Language (Auslan): An Introduction to Sign Language Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 978-0511607479. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/books/australian-sign-language-auslan/5399005E550FEBCE9935CD09905405A4>.
- [10] Supalla, T., & Webb, R. (1995). "The grammar of international sign: A new look at pidgin languages." In *Language, gesture, and space*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum

Associates. Dostupné z: <https://kathrynschuler.com/ling607/assets/pdfs/Supalla-Webb-1995.pdf> [cit. 2024-29-03].

[11] Sutton-Spence, R., & Woll, B. (1999). *The linguistics of British Sign Language: An introduction*. Cambridge University Press. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139167048>. ISBN: 9781139167048.

[12] Johnston, T. (2007). "Towards a comparative semiotics of pointing actions in signed and spoken languages." *Gesture*, 7(2), 180-214. ISSN: 1568-1475. DOI: <https://doi.org/10.1075/gest.13.2.01joh>.

[13] Meier, R. P. (2005). "The form of early signs: Explaining signing children's articulatory development." *Journal of Memory and Language*, 40(4). DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195180947.003.0009>.

[14] Brentari, D. (1998). *A prosodic model of sign language phonology*. MIT Press. Dostupné z: <https://doi.org/10.7551/mitpress/5644.001.0001>. ISBN: 9780262269261.

[15] Pfau, R., Steinbach, M., & Woll, B. (Eds.). (2012). *Sign language: An international handbook*. Walter de Gruyter. DOI: <https://doi.org/10.1075/sll>.

[16] Neidle, C., Kegl, J., MacLaughlin, D., Bahan, B., & Lee, R. G. (2008). *The Syntax of American Sign Language: Functional Categories and Hierarchical Structure*. MIT Press. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01523-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01523-0).

[17] Hutchins, S., & Gallaudet Research Institute. (2005). "Sign Language Recognition and Translation: A Multidisciplined Approach From the Field of Artificial Intelligence." *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. ISSN: 1465-7325. DOI: <https://doi.org/10.1093/deafed/enj003>.

[18] Bauman, H.-D. L., & Murray, J. J. (2014). *Deaf Gain: Raising the Stakes for Human Diversity*. University of Minnesota Press. ISBN: 978-0816691227. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/10.5749/j.ctt9qh3m7>.

[19] Liddell, S. K., & Johnson, R. E. (1989). "American Sign Language: The Phonological Base." *Sign Language Studies*. ISSN: 1533-6263. Dostupné z: <https://muse.jhu.edu/article/507116>.

[20] Schembri, A., Cormier, K., & Fenlon, J. (2020). "Building machine learning systems to understand sign language." *International Journal of Machine Learning and Computing*, 10(1). ISSN: 2010-3700. Dostupné z: <https://www.ijmlc.org/> [cit. 2024-09-04].

- [21] Özyurt, E., & Akçapınar, G. (2021). "Enhancing sign language learning through augmented reality: A pilot study." *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(3), 756-767. ISSN: 2600-8793. DOI: <https://doi.org/10.24191/jcrinn.v7i1.277>.
- [22] Emmorey, K., et al. (2019). "The Design and Implementation of User-Centric Interfaces for Sign Language Translation." *Journal of Human-Computer Interaction*, 35(5), 423-437. ISSN: 15327590.
- [23] Bragg, D., et al. (2019). "Sign Language Recognition, Generation, and Translation: An Interdisciplinary Perspective." *Proceedings of the 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. DOI: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3308561.3353774>.
- [24] Adamo-Villani, N., & Wilbur, R. (2009). "A Gesture-Based Tool for Stereoscopic Language Learning." *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(3). ISSN: 10814159.
- [25] Ronchetti, M. (2010). "Using video lectures to make teaching more interactive." *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 5(2). Dostupné z: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/1156>, eISSN: 1863-0383 [cit. 2024-16-04].
- [26] Wolbring, G. (2003). "Disability Rights Approach Toward Bioethics?" *Journal of Disability Policy Studies*, 14. ISSN: 1044-2073. DOI: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/10442073030140030701>.
- [27] Mitchell, R. E., et al. (2006). "How Many People Use ASL in the United States? Why Estimates Need Updating." *Sign Language Studies*, 6(3). Dostupné z: <https://muse.jhu.edu/issue/10605>, ISSN: 1533-6263.
- [28] "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1." (2023). W3C. Dostupné z: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>.
- [29] Oviatt, S. (2002). "Multimodal interfaces." In J. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, Third Edition. L. Erlbaum Associates Inc. Dostupné z: <https://www.routledge.com/Human-Computer-Interaction-Handbook-Fundamentals-Evolving-Technologies-and-Emerging-Applications-Third-Edition/Jacko/p/book/9781439829431>, ISBN: 9781439829431.

- [30] Brewster, S. A. (2002). "Overcoming the lack of screen space on mobile computers." *Personal and Ubiquitous Computing*, 6. Dostupné z: <https://link.springer.com/journal/779>, ISSN: 1617-4917 [cit. 2024-21-04].
- [31] Norman, D. (2014). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books. Dostupné z: <https://mitpress.mit.edu/9780262525671/the-design-of-everyday-things>. ISBN: 9780262525671.
- [32] Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/book/9780125184069/usability-engineering>. ISBN: 9780125184069.
- [33] Baltrušaitis, T., et al. (2017). "Real-time multi-person 2D pose estimation using Part Affinity Fields." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/517044>, ISSN: 1063-6919 [cit. 2024-23-04].
- [34] Liddell, S. K. (2003). *Grammar, Gesture, and Meaning in American Sign Language*. Cambridge University Press. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/books/grammar-gesture-and-meaning-in-american-sign-language/D0EDB5033897DE748C936F9AC271D2DF>. ISBN: 9780511615054.
- [35] Mitchell, R. E., et al. (2006). "How Many People Use ASL in the United States? Why Estimates Need Updating." *Sign Language Studies*, 6(3). Dostupné z: <https://muse.jhu.edu/article/197164>, ISSN: 1533-6263.
- [36] Cooper, A. (2014). *About Face: The Essentials of Interaction Design*. Wiley. Dostupné z: https://fall14se.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/alan-cooper-robert-reimann-david-cronin-christopher-noessel-about-face_-the-essentials-of-interaction-design-wiley-2014.pdf, ISBN: 9781118766576 [cit. 2024-25-04].
- [37] Starner, T., et al. (1998). "Real-time American Sign Language recognition using desk and wearable computer-based video." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(12). Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/735811>, ISSN: 0162-8828 [cit. 2024-30-04].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AR	Augmented Reality / Rozšířená realita
CNN	Convolutional Neural Networks
DL	Deep Learning / hlboké učenie
RNN	Recurrent Neural Networks
NLP	Natural Language Processing
TTS	Text-to-Speech
GPU	Graphics Processing Units
TPU	Tensor Processing Units
ASIC	Application-Specific Integrated Circuits
VR	Virtual Reality
SOA	Service-Oriented Architecture
CDN	Content Delivery Network
API	Application Programming Interface
ONNX	Open Neural Network Exchange
LSTM	Long Short-Term Memory
GDPR	General Data Protection Regulation
CCPA	California Consumer Privacy Act
UI	User Interface
UX	User Experience
RBAC	Role-Based Access Control
NLP	Natural Language Processing
ML	Machine Learning
AI	Artificial Intelligence
SDK	Software Development Kit

SEZNAM OBRÁZKŮ



Obrázek 1: Znázornenie komplexnosti znakového jazyka, Fekete, Emily. (2017). Embodiment, linguistics, space: American Sign Language meets geography. *Journal of Cultural Geography*. 34. 131-148. 10.1080/08873631.2017.1305544. <https://www.researchgate.net/profile/Emily-Fekete/publication/315983047/figure/fig1/AS:650038216761439@1531992596901/Sign-location-In-this-figure-the-handshape-and-movement-are-the-same-however-the.png>

Obrázek 2: Demonštrácia princípu tvorby znakov, Prikhodko, Alexey & Grif, Mikhail & Bakaev, Maxim. (2020). Sign Language Recognition Based on Notations and Neural Networks. 10.1007/978-3-030-65218-0_34. <https://www.researchgate.net/profile/Maxim-Bakaev/publication/348346456/figure/fig1/AS:997169230274560@1614755079269/The-five-components-of-signs-in-sign-languages.png>

Obrázek 3: Zachytávanie videa na strane klienta (JavaScript + HTML5)

Obrázek 4: Real-time spätná väzba a oprava chýb (JavaScript)

Obrázek 5: Integrácia užívateľských preferencií a prispôsobenie (JavaScript)

Obrázek 6: Predspracovanie videa s OpenCV (Python)

Obrázek 7: Rozpoznávanie posunkovej reči s TensorFlow (Python)

Obrázek 8: Inicializácia modelu TensorFlow pre rozpoznávanie gest posunkového jazyka

Obrázek 9: Spracovanie spätnej väzby v reálnom čase z procesu rozpoznávania posunkovej reči a jej priame zobrazenie na webovej stránke (javascript)

Obrázek 10: Funkcie, ktoré upravujú veľkosť textu, kontrast a ďalšie (Javascript)

Obrázek 11: Príklad kódu pre integráciu nových jazykových modulov

Obrázek 12: Teoretická integrácia real-time spätnej väzby

Obrázek 13: Detekcia chýb pomocou tensorflow (python)

Obrázek 14: Interaktívna real-time oprava (javascript)

Obrázek 15: Logika adaptívneho učenia (pseudokód)

Obrázek 16: Spracovanie videa v reálnom čase s opencv a tensorflow

Obrázek 17: Dynamické načítanie jazykových modelov

Obrázek 18: Feature extraction s opencv

Obrázek 19: Časové modelovanie s použitím rekurentných neurónových sietí

Obrázek 20: Kontextové chápanie s využitím mechanizmu pozornosti

Obrázek 21: Model CNN v tensorflow určený na rozpoznávanie posunkovej reči

Obrázek 22: Príklad zašifrovania v pythone

Obrázek 23: Príklad logiky pre anonymizáciu dát

Obrázek 24: Príklad logiky kontroly prístupu na základe roly používateľa (RBAC Logic)

Obrázek 25: Príklad automatizovaného mazania dát

Obrázek 26: Prístup ku kamere s OpenCV

Obrázek 27: Rozpoznávanie znakov s OpenCV a TensorFlow

Obrázek 28: Rozpoznávanie gest a predikcia sekvencií (Python s TensorFlow)

Obrázek 29: AR vizualizácia (Unity C# a Vuforia)

Obrázek 30: Zmena farebnej schémy a izolácia gest (Python)

Obrázek 31: Pytorch CNN