

EDN: OLTNEC
УДК 81'373(038)+81(038)

Development of Thematic 3D Dictionaries of Russian Sign Language for People with Hearing Disabilities Age for People

Mikhail G. Grif^{*a} and Olga O. Korolkova^b

*^aNovosibirsk State Technical University
Novosibirsk, Russian Federation*

*^bNovosibirsk State Pedagogical University
Novosibirsk, Russian Federation*

Received 28.04.2024, received in revised form 18.11.2024, accepted 30.12.2024

Abstract. Setting and solving the problem of implementing a socially significant project to create a thematic educational portal of Russian sign language in the main spheres of life of deaf people (education, healthcare, public transport, government services, culture, etc.) is due to the need to ensure accessibility of government services for persons with disabilities by ear. The educational portal is based on a thematic dictionary of Russian sign language. The purpose of the work is to propose a promising technology for creating and maintaining a thematic dictionary based on a comparative analysis of thematic dictionaries of Russian sign language, the requirements for them, machine translation and 3D animation. The analysis of existing thematic dictionaries of Russian sign language was carried out according to the following criteria: the volume of the lexicographic source; relevance of vocabulary; universality in terms of coverage of language material; availability; the ability to quickly modify a resource; use of language material visualization technologies in the source. As a result of the analysis, it was revealed that all dictionaries do not fully solve the problem posed. This applies to both universal and specialized dictionaries.

The technology for creating thematic dictionaries of Russian sign language, used in the project of the Novosibirsk State Technical University within the framework of a grant from the Priority 2030 program, is examined in detail. This technology, based on the use of machine translation and 3D animation, includes several stages: speech recognition; syntactic and semantic analysis of text; application of the function of displaying text in Russian sign language; formation of a set of control commands; generation of 3D animation and visualization; video synthesis.

As a result of the study, it was concluded that this technology meets the requirements of people with hearing disabilities and can be recommended as the basis for the development of a thematic dictionary of Russian sign language.

Keywords: Russian sign language, Russian language, vocabulary, dictionaries, 3D animation.

Research area: Linguistics.

Citation: Grif M. G., Korolkova O. O. Development of Thematic 3D Dictionaries of Russian Sign Language for People with Hearing Disabilities Age for People. In: *J. Sib. Fed. Univ. Humanit. soc. sci.*, 2025, 18(1), 132–142. EDN: OLTNEC



Разработка тематических 3D-словарей русского жестового языка для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху

М.Г. Гриф^а, О.О. Королькова^б

^аНовосибирский государственный технический университет
Российская Федерация, Новосибирск

^бНовосибирский государственный педагогический университет
Российская Федерация, Новосибирск

Аннотация. Одним из способов обеспечения доступности получения государственных услуг лицами с ограниченными возможностями здоровья по слуху является реализация социально значимого проекта по созданию тематического учебного портала русского жестового языка по основным сферам жизнедеятельности глухих людей – образование, здравоохранение, общественный транспорт, государственные сервисы, культура и др. Важнейшей задачей при создании учебного портала является разработка тематического словаря русского жестового языка. В статье представлен сопоставительный анализ тематических словарей русского жестового языка, перечислены предъявляемые к ним требования, а также предложена перспективная технология их создания и поддержки на основе машинного перевода и 3D-анимации. Подробно рассмотрены технология машинного перевода фраз русского языка на русский жестовый язык и калькирующую жестовую речь, способы выявления в тексте новой лексики и включения в тематический словарь новых жестов. В результате исследования сделан вывод о том, что данная технология удовлетворяет требованиям лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху и может быть рекомендована как базовая для разработки тематического словаря русского жестового языка.

Ключевые слова: русский жестовый язык, русский язык, лексика, словари, 3D-анимация.

Научная специальность: 5.9.8. Теоретическая, прикладная и сравнительно-сопоставительная лингвистика (филологические науки).

Цитирование: Гриф М. Г., Королькова О. О. Разработка тематических 3D-словарей русского жестового языка для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху. *Журн. Сиб. федер. ун-та. Гуманитарные науки*, 2025, 18(1), 132–142. EDN: OLTNEC

Введение

Одним из направлений реализации требований Федерального закона «О внесении изменений в статьи 14 и 19 Федерального

закона «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»» (Federal'nyi zakon ot 30.12.2012 № 296-FZ «O vnesenii izmenenii v stat'i 14 i 19 Federal'nogo zakona «O sotsial'noi

zashchite invalidov v Rossiiskoi Federatsii») является обеспечение безбарьерной коммуникации лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) по слуху со слышащими людьми (Grif, Korol'kova, 2023; Kulikova, Magirovskaja, Shatokhina, Privalikhina, Arskii, 2022).

Русский жестовый язык (РЖЯ) является естественным языком, используемым для коммуникации людьми с нарушениями слуха, проживающими на территории Российской Федерации и частично на территории ряда стран – бывших республик Советского Союза. По данным Всероссийского общества глухих (ВОГ), в России проживает около 13 млн людей с ограниченными возможностями здоровья по слуху, из них более 300 тысяч человек являются глухими. Ежедневно эта категория лиц с ОВЗ практически во всех сферах жизнедеятельности сталкивается не только с трудностями в коммуникации со слышащими людьми, но и с невозможностью получения важной информации в звуковом формате, проблемами понимания письменной информации, так как русский язык для многих глухих является вторым языком. Особенно ярко эта проблема проявляется при получении лицами с ОВЗ по слуху государственных услуг в силу того, что они не всегда точно понимают смысл узких терминов в предоставляемых документах или в вопросах, которые могут быть заданы им работниками здравоохранения (Kagirov, Riumin, 2022), представителями правоохранительных органов (Fayzullina, P'icheva, 2020) и др., следовательно, не могут адекватно ответить на них, а также использовать эти термины при обращении в различные государственные органы и учреждения.

Постановка проблемы

Одним из способов обеспечения доступности получения государственных услуг глухими людьми, наряду с созданием баз данных, качественных систем перевода РЖЯ, отраслевых тематических, в том числе учебных, словарей РЖЯ (Grif, Korol'kova, 2023), является реализация социально значимого проекта по созданию тематического

учебного портала русского жестового языка для поддержки оказания государственных услуг в основных сферах жизнедеятельности глухих.

Данный проект реализуется в Новосибирском государственном техническом университете (НГТУ) с 2021 года в рамках гранта программы «Приоритет-2030».

В процессе реализации проекта будут решены следующие задачи:

- разработка базы данных терминов по сферам жизнедеятельности людей с ОВЗ по слуху: образование, медицина, общественный транспорт, государственные сервисы, культура и др.;
- разработка базы данных типовых предложений, включающих указанные термины;
- разработка обучающих инструкций в сферах жизнедеятельности глухих людей;
- разработка программного обеспечения для 3D-визуализации отдельных жестов РЖЯ и перевода текста на РЖЯ;
- разработка программного обеспечения для обучения показу терминов с привлечением средств распознавания РЖЯ;
- тестирование тематического учебного портала русского жестового языка;
- доработка тематического учебного портала русского жестового языка по результатам тестирования;
- разработка проекта лицензионного соглашения для интеграции портала на бесплатной основе в государственные ведомства.

Важнейшей задачей по созданию тематического учебного портала РЖЯ для поддержки оказания государственных услуг глухим является разработка тематического словаря. Однако в настоящее время отсутствует целостное представление о технологии его создания и поддержки в актуальном виде.

Для решения данной проблемы необходимо провести сопоставительный анализ существующих тематических словарей РЖЯ, предъявляемых к ним требований, а также предложить перспективную технологию создания и поддержки этих лексикографических источников.

Анализ тематических словарей русского жестового языка

Чтобы понять, каким должен быть словарь для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху, необходимо провести анализ существующих тематических словарей русского жестового языка по следующим критериям:

- объем лексикографического источника;
- актуальность лексики;
- универсальность с точки зрения охвата языкового материала;
- доступность;
- возможность оперативной модификации ресурса;
- использование в источнике технологий визуализации языкового материала.

Кратким иллюстрированным тематическим словарем является издание «Жесты. Словарь-справочник» (Zhesty. Slovar'-spravochnik, 1995), которое предназначено как для глухих и слабослышащих людей, так и для специалистов, работающих с ними. Оно включает 472 наиболее употребительных в конце XX века жеста, разбитых на 21 тематическую группу, в том числе «Образование», «Государство», «Документы, почта», «Профессии», что позволяет сделать вывод о небольшом объеме словаря, недостаточной актуальности и доступности, а также невозможности оперативной модификации его материалов. Каждая статья сопровождается иллюстрацией в виде рисунка, что следует отнести к достоинствам издания.

И. Ф. Гейльман считал издание «Знакомьтесь: ручная речь» учебным словарем, однако оно одновременно является и тематическим, так как содержит учебные материалы по 26 темам, в том числе «Давайте познакомимся», «Школа», «Работа», «Столовая», «Универмаг», «Транспорт», «Почта», «Поликлиника», «Стадион», «Дом культуры» и «Город» (Geil'man, 2001).

Издание И. Ф. Гейльмана «Ваш друг – жестика. Словарь. Упражнения. Разговорник» (Geil'man, 2002) одновременно является тематическим словарем, так как представленные в нем жесты разбиты

на 21 тематическую группу, в том числе «Здоровье», «Образование», «Работа», «Финансы», «Транспорт», «Отдых», «Культура», «Общество» и «ВФГ» («Всемирная федерация глухих» – О. К.).

Анализ этих источников позволяет сделать вывод о том, что они имеют недостаточный объем жестов для коммуникации в сфере получения лицами с ОВЗ государственных услуг; в них отсутствует ряд жестов, передающих значения новых терминов в различных областях жизнедеятельности; так как эти издания имеют бумажную версию, то не всегда доступны как лицам с ОВЗ по слуху, так и их слышащим собеседникам; кроме того, их невозможно оперативно модифицировать, добавляя появляющиеся языковые единицы. Несомненным достоинством обоих источников является наличие иллюстративного материала – рисунков, на которых показано исполнение жестов.

Р. Н. Фрадкина относит свой словарь «Говорящие руки» к тематическим словарям РЖЯ (Fradkina, 2001). Зафиксированные в нем 1480 жестов разбиты на 20 тем, в том числе «Знакомство», «Человек. Родство. Семья», «Спорт и отдых», «Город. Транспорт», «Школа», «Путешествие», «Государство. Страны мира», «Профессия. Бизнес», «Интеллектуальная деятельность», «Медицина», «Право. Закон» (Fradkina, 2001). В словаре представлена лексика конца XX века, много актуальных жестов. Все словарные статьи содержат подробное описание исполнения жеста, сопровождаемое фотокадром. Недостаток издания – невозможность оперативно вносить изменения.

«Тематический словарь российского жестового языка» (Tematicheskii slovar' rossiiskogo zhestovogo iazyka, 2005) является электронным ресурсом на диске. Словарь доступен широкому кругу пользователей. Ресурс допускает тиражирование и внесение модификаций.

В НГТУ был создан и активно используется «Толковый словарь специальных терминов на русском жестовом языке» (Tolkovi slovar' spetsial'nykh terminov na russkom zhestovom iazyke), адресованный

студентам уровня среднего специального образования (СПО). Электронный ресурс разработан в XXI веке и содержит актуальные жесты. Он размещен на сайте, следовательно, доступен широкому кругу пользователей. Разработка содержит 76 жестов, разбитых на 3 тематические группы: «АФК» («Адаптивная физическая культура» – О.К.), «Рисунок» и «Социальная работа». Каждая словарная статья включает в себя 3 раздела: «Слово», «Толкование на РЖЯ» (видеоматериалы) и «Текстовое описание слова». Достоинством словаря является возможность оперативно вносить необходимые модификации.

Небольшой объем данного ресурса потребовал разработки на его основе нового учебного словаря для студентов уровня СПО (*Tematicheskii slovar' russkogo zhestovogo iazyka*). В «Тематический словарь русского жестового языка» включены видеоматериалы, иллюстрирующие исполнение 322 жестов, названиями которых являются термины по 8 учебным дисциплинам, в том числе по дисциплине «Социальная работа».

Анализ этого ресурса позволил выявить недостаточность количества тем и терминов, включенных в него, поэтому в рамках реализации проекта «Приоритет-2030» было решено на его базе разработать новый тематический толковый учебный диалектный двуязычный словарь, адресованный студентам уровня бакалавриата. В настоящее время ресурс включает 500 словарных статей по 5 дисциплинам, в том числе жесты, названиями которых являются термины по «Педагогике», «Психологии», а также названия различных видов документов, с которыми студенты знакомятся в курсе «Русский язык и культура речи». Зафиксированные в словаре жесты используются носителями РЖЯ в настоящее время. Электронный формат словаря позволяет широко применять технологии визуализации материала, обеспечивает доступность и мобильность ресурса.

В 2021 г. вышел в свет словарь «Русский жестовый язык с дополненной реальностью» (Draga, 2021). Ресурс содержит 3500 современных жестов, часть которых

сгруппирована по 6 темам. При наведении камеры смартфона на фотографию через мобильное приложение пользователь видит жест в реальном исполнении.

Все проанализированные словари лишь частично позволяют решить поставленную проблему, так как не удовлетворяют всем перечисленным выше критериям.

Востребованность тематических отраслевых словарей объясняется, во-первых, тем, что лица с ОВЗ по слуху из-за незнания и непонимания юридической терминологии сокращают в процессе перевода словосочетания до знакомого или понятного им жеста, во-вторых тем, что сурдопереводчики для перевода профессиональных терминов иногда используют комбинации или варианты жестов, не всегда понятные людям с нарушениями слуха (Fayzullina, P'icheva, 2020). Лингвисты предлагают составить словарь юридических терминов на РЖЯ, чтобы облегчить деятельность сурдопереводчиков и обеспечить лицам с ОВЗ по слуху понимание специфической терминологии в ситуации отсутствия сурдопереводчика на месте происшествия или во время судебного заседания (Fayzullina, P'icheva, 2020).

В «Словаре русского жестового языка для сотрудников органов внутренних дел» представлены 8 тематических групп жестов, в том числе по теме «Профессиональная лексика» (Naurazbaeva, Posidelova, Khoroshko, 2020). Материалы этого издания могут стать основой для электронного варианта словаря, что обеспечит его доступность.

Примером частичного решения задачи получения глухими гражданами услуг в области здравоохранения является разработка Санкт-петербургских специалистов. База данных (БД) «Первичный приём у врача-терапевта» включает словарь кластеров «Общая информация и проведение консультации», «Анамнез», «Обследование» и «Диагностика и рекомендации», который «создавался совместно с практикующими терапевтами на базе типичных диалогов между врачом и пациентом» (Kagirov, Riumin, 2022). Особенностью разработки является то, что «...в БД включены только

реплики врача (слышащего), а не глухого пациента. Такое решение продиктовано тем, что гипотетически разнообразие релевантных ответов пациента чрезвычайно велико, и создание такой БД – масштабная задача, требующая значительных временных затрат и существенно большего числа информантов. Потому гораздо более реалистичной стратегией является применение полученного языкового набора данных в интерфейсах, позволяющих не только распознавать, но и синтезировать жестовую речь при помощи 3D-аватара, переводя звучащие высказывания врача в жестовую форму. В будущем предполагается расширение БД за счет ответов пациента, и правила для РЖЯ, полученные на представленном в настоящей статье наборе данных, будут применены и к новому набору данных» (Kagirov, Riumin, 2022: 94).

Обобщая обзор имеющихся материалов, можно сделать вывод о том, что отраслевые тематические словари должны быть электронными, доступными, допускать мобильную модификацию содержания. Пользователи должны иметь возможность устанавливать их в виде мобильного приложения на различных гаджетах. Одним из возможных вариантов решения поставленной задачи может служить раздел «Видео» ресурса, представленного на сайте ООО «Адаптис» (<https://adaptis.pro/category/video/>). Этот раздел содержит видеoinструкции, позволяющие познакомиться с некоторыми законами и правильно оформить различные документы.

Технология машинного перевода фраз звукового русского языка на русский жестовый язык и калькирующую жестовую речь

Перевод последовательности слов русского языка в последовательность жестов официально используется для онлайн-перевода, например на телевидении, он понятен и полезен аудитории глухих. Перевод на калькирующую жестовую речь (КЖР) построен на замене каждого отдельного слова в жест или последовательность дактилем, включает в себя синтаксический и се-

мантический анализ русского языка, но при этом не требует формализации грамматики жестового языка и сложной функции отображения смысла на РЖЯ.

Известно также, что глухие предпочитают перевод жестами, а не дактильной азбукой, поэтому при переводе высказывания на русском языке на КЖР нужно стремиться заменять слова близкими по значению жестами. Русский язык отличается большим количеством омонимов и многозначных слов, что требует определения их лексических значений для правильного перевода жестами. Перевод на калькирующую жестовую речь является первым этапом развития обобщенной технологии перевода на русский жестовой язык. Для адекватности передачи смысла первым этапом обобщенной технологии перевода на русский жестовый язык должен стать перевод звучащего высказывания на калькирующую жестовую речь.

Предлагаемая технология (<https://adaptis.pro>), основанная на использовании машинного перевода и 3D-анимации, относится к инновационным. Если ранее перевод на жестовую речь основывался на комбинации микродействий, то подход команды НГТУ – ООО «Адаптис» (Grif, Korol'kova, 2023) предполагает использование актуального инструментария и технологических возможностей. В рамках проекта создается первая в России база жестов за счет оцифровки движений глухих людей в мокап-костюме, привлекаемых для участия в проекте. С помощью костюма и камеры видеозахвата осуществляется запись траектории движения рук, кистей, мимики, положения и движения тела реальных жестов в виде точек в 3D-пространстве. Затем полученные данные используются для перевода на РЖЯ.

В основе технологии лежит поэтапное создание и наполнение словаря языковым материалом: сначала записывается большое количество видеофайлов, затем осуществляется анализ и разметка, после чего задается соответствие между высказываниями на РЖЯ и на русском языке. Для этого используются нейронные сети и машинное обучение, в том числе для обеспечения актуальности переводов.

В процессе реализации проекта в рамках гранта программы «Приоритет-2030» разработано программное обеспечение (фреймворк) количественной и качественной оценки перевода, которое включает в себя многоуровневую систему контроля конечного перевода – выделяются возможные ошибки, влияющие на смысл или восприятие высказываний. На базе этого фреймворка осуществляется сравнение различных версий технологии, а также других возможных решений.

Разрабатываемая в процессе реализации проекта технология машинного перевода высказываний на русском языке на РЖЯ и КЖР существенно отличается от тех решений, которые на данный момент предлагаются в России и за рубежом. Платформа НГТУ – ООО «Адаптис» обеспечивает постоянный процесс совершенствования словаря и датасета (обучающих данных) носителей РЖЯ, а также ее интеграцию с внешними источниками данных (другие вузы, переводчики, сообщество носителей языка). Основная задача платформы – обеспечение непрерывного процесса совершенствования технологии машинного перевода РЖЯ для повышения качества конечного продукта.

Разработка перевода осуществляется поэтапно и включает:

- распознавание звучащей речи;
- синтаксический и семантический анализ текста;
- применение функции отображения текста на РЖЯ;
- формирование набора управляющих команд;
- формирование 3D-анимации и визуализации;
- синтез видеоряда.

Для оценки качества отдельных этапов перевода используются следующие метрики:

- метрики качества распознавания звучащей речи;
- метрики синтаксического и семантического анализа текста;
- полнота лексической базы словаря РЖЯ;

- метрики функции отображения текста на РЖЯ;

- метрики 3D-визуализации и синтеза аватаром высказываний на РЖЯ.

Работа над созданием технологии машинного перевода начинается с исследования жестовой речи носителей РЖЯ. Команда лингвистов проводит глубинные интервью с глухими и слабослышащими людьми, анализируют конструкции и выявляют их семантику. Полученные сведения накапливаются в форме видеозаписей жестовой речи, а также новых жестов в словаре.

Запись жеста для последующей его оцифровки производится в несколько этапов.

Этап 1. Работа с носителем РЖЯ. Один-два носителя анализируемого языка проходят интервью с использованием лингвистической анкеты и предлагают свои суждения о грамматике тех или иных предложений. Выделяют языковые конструкции и жесты вместе с информацией об их сочетаемости. Разметка видео предполагает поиск соответствующего или подходящего жеста или фрагмента видео на РЖЯ. В случае отсутствия в словаре необходимого языкового материала при разметке создается новый элемент, включающий видеофайл и смысл жеста или высказывания. Анкеты записываются на видео для дальнейшего анализа.

Этап 2. Формирование задания на запись. Анализируется видео на РЖЯ, собранные жесты и конструкции отправляются на запись в словарь и размещаются в нем со всеми лингвистическими пометами. Происходит анализ всех новых элементов словаря, проверка их уникальности.

Этап 3. Запись мокап-анимации. К съемкам привлекается глухой носитель РЖЯ (модель). На модель надевается мокап-костюм с 32 калиброванными датчиками, в том числе перчатки с датчиками фаланг пальцев. Носители РЖЯ работают по специальным заданиям, разработанным лингвистами НГТУ – ООО «Адаптис». Модель получает задание в виде текста на русском языке с пояснениями, который она должна перевести на РЖЯ. Начинается запись. Модель исполняет жест или фразу на РЖЯ, при этом мокап-костюм фиксиру-

ет движения рук, пальцев и ключевых элементов туловища в виде массива данных, а видеочамера фиксирует движения лица. Одним из этапов записи жестов является запись лицевой анимации, в ходе которой с помощью технологии Face Recognition система распознает ключевые точки мимики. Таким образом, отдельно от движений тела, рук и пальцев получают движения точек лица, которые задают мимику: движение губ, подбородка, бровей и прочих частей лица. Модель поочередно выполняет все задачи, при необходимости, повторяет перевод фраз или фрагментов. Важным аспектом записи массива данных о движении рук, туловища и лицевой анимации является параллельная запись модели несколькими камерами. Видеозапись с разных ракурсов позволяет выявить возможные ошибки и неточности в работе костюма или программного обеспечения, а также отредактировать полученную мокап-анимацию.

Этап 4. Редактирование жеста. На записанные жесты вручную накладываются правильные шаблоны конфигураций рук, использованных в этом жесте. Редактируются любые неточности, полученные при записи мокап-анимации.

Этап 5. Загрузка жеста. Собранные мокап-анимации жестов и мимики-воспроизводят необходимые движения для машинного перевода. С помощью редактора анимации проводится экспорт группы жестов в формат fbx. Скопированные файлы выгружаются в графический движок Unreal Engine 4 (широко используется в компьютерных играх и кинематографе), который преобразует мокап-анимации в движения трехмерного персонажа желаемого пола (аватара), с заданной одеждой, чертами и окружением, выполняет функции визуализации и отображения графической сцены.

Далее опишем процесс подготовки машинного перевода. Основой машинного перевода на базе технологии нейронных сетей является формирование известного множества переводов лексем и фраз на русском языке на РЖЯ, которые необходимо сопоставить с элементами словаря жестов или их комбинацией. Для решения этой задачи

команда проекта в промышленном масштабе размечает видео на РЖЯ, сопоставляя фрагменты высказываний на русском языке с 3D-анимациями из словаря, тем самым определяя пространство решений или фактических переводов, на основе которых работает нейронная сеть. Совокупность размеченных переводов сурдопереводчиков определяет способность нейронной сети выполнять перевод русского текста на РЖЯ.

Для того чтобы измерять повышение качества перевода при выходе новой версии технологии, используется интегральная количественная оценка, включающая несколько этапов.

1. Формирование статистической выборки из множества фраз. На основе данных об использовании машинного перевода в продуктах НГТУ – ООО «Адаптис» формируется статистика реальных потребностей пользователей получать перевод русского текста на РЖЯ. На основе статистических данных определяются языковые единицы русского языка, к которым у глухих наблюдается больший или меньший интерес, то есть получается частотность перевода каждого отдельного слова или фразы. Частотность слова или фразы ложится в основу приоритета для записи мокап-анимации, тестирования и корректировки перевода на РЖЯ.

2. Разметка выборки. Каждая новая версия технологии машинного перевода синтезирует перевод русского текста на РЖЯ для частотной выборки. Полученное видео направляется на тестирование, в процессе которого носитель РЖЯ может соотнести исходный запрос и перевод, зафиксировать ошибки и разметить их разными классами: неверный смысл, неверный жест, неверный элемент жеста, перевод непонятен, пропущено слово.

3. Расчет интегральной оценки. Каждая новая версия машинного перевода проходит оценку качества на основе специально разработанного фреймворка, который фиксирует ошибки перевода и классифицирует их с точки зрения критичности и влияния на смысл перевода. На основании интегральной количественной оценки сравни-

ваются между собой различные версии технологии машинного перевода.

Конечный продукт анализируется с точки зрения фактического использования, строится частотность использования отдельных жестов и высказываний на РЖЯ, намечается приоритет в работе по повышению качества, исходя из частоты и критичности ошибок. Это могут быть как ошибки и неточности отдельных жестов, которые редактируются и перезаписываются в словаре, так и новые правила разметки, которые поступают в датасет для совершенствования модели перевода. Например, может оказаться, что незначительная ошибка на большом объеме перевода, но в часто употребляемой фразе оказывает на оценку большее влияние, нежели критичная лексическая ошибка в малочастотной фразе или слове. При создании новой версии необходимо совершенствовать интегральную оценку качества перевода.

Рассмотрим архитектуру системы. Пользовательские интерфейсы наряду с внешними программами, подключенными через внешний программный интерфейс приложения API (Application Programming Interface), встраивают аватар человека-переводчика РЖЯ в продукт НГТУ-ООО «Адаптис» с помощью технологии видеостриминга. При подключении нового пользователя API создает новый контейнер аватара, время жизни которого ограничено временем жизни пользовательской сессии. Система горизонтально масштабируется в облаке на базе docker-контейнеров и имеет пул готовых аватаров для обслуживания пользователей.

Ядром каждого контейнера выступает графический движок Unreal Engine, который использует подготовленную модель машинного перевода, программное обеспечение для анализа голосовых команд (Yandex.SpeechKit для русского языка), программное обеспечение для семантического и синтаксического анализа (word2vec, mySterm, RNNmorph, udrpipe) и базу данных жестов в виде мокап-анимации.

Серверная часть технологии представляет собой инфраструктуру для интегра-

ции обновленных датасетов разметки видео жестовой речи носителей языка и внешних источников, что позволяет обучать модели машинного перевода на новых версиях датасета и интегрировать их в образ контейнера для новых версий. Аналогично проводятся обновления словаря жестов и базы готовой мокап-анимации.

Выявление в тексте новой лексики и формирование жестов

В ходе анализа видеоконтента с целью его последующего перевода на РЖЯ возникает необходимость выделения новых лексических единиц, которые могут быть переведены жестами. Этапы анализа текста и формирования новых жестов РЖЯ включают:

- перевод исходного русского текста переводчиком РЖЯ;
- запись текста в виде глоссов;
- запись видео нового жеста;
- запись жеста в мокап-костюме;
- проверка и редактирование мокап-анимации;
- добавление мимики;
- сохранение жеста в словаре.

На вход анализируемой системы поступает исходный текст на русском языке или видеофайл. Переводчик РЖЯ осуществляет его перевод на РЖЯ и записывает в виде глоссов. Если обнаруживается новый жест, отсутствующий в текущей версии словаря, осуществляется его запись на видео. Далее переводчик РЖЯ в мокап-костюме производит запись анимационного ролика. Анимация проходит проверку и редактирование. Затем к анимации по мокап-костюму добавляется мимика. Далее новый жест добавляется в словарь РЖЯ. Словарь жестов в настоящее время содержит около 7300 3D-жестов (<https://adaptis.pro>).

Заключение

Важнейшей задачей по обеспечению доступности получения государственных услуг лицами с ограниченными возможностями здоровья по слуху является разработка тематического словаря русского жестового языка по основным сферам

жизнедеятельности глухих людей: образование, здравоохранение, общественный транспорт, государственные сервисы, культура и др.

На начальном этапе работы над новым ресурсом был проведен сопоставительный анализ существующих тематических словарей РЖЯ, для которого были сформулированы следующие критерии: объем лексикографического источника; актуальность лексики; универсальность с точки зрения охвата языкового материала; доступность; возможность оперативной модификации ресурса; использование в источнике технологий визуализации языкового материала. Анализ позволил выявить, что все лексикографические источники частично удовлетворяют сформулированным критериям.

Для создания тематического словаря РЖЯ, удовлетворяющего требованиям

и потребностям лиц с ОВЗ по слуху, была предложена инновационная технология, применяемая в проекте Новосибирского государственного технического университета в рамках гранта программы «Приоритет-2030». Данная технология, основанная на использовании машинного перевода и 3D-анимации, включает в себя несколько этапов: распознавание звучащей речи; синтаксический и семантический анализ текста; применение функции отображения текста на русский жестовый язык; формирование набора управляющих команд; формирование 3D-анимации и визуализации; синтез видеоряда.

В результате исследования сделан вывод о том, что эта технология может быть рекомендована как базовая для разработки тематического словаря русского жестового языка.

Список литературы / References

- Draga D. V. Russkii zhestovyi iazyk s dopolnennoi real'nost'iu [Russian Sign Language with augmented reality]. Moscow, 2021, 672.
- Federal'nyi zakon ot 30.12.2012 № 296-FZ «O vnesenii izmenenii v stat'i 14 i 19 Federal'nogo zakona "O sotsial'noi zashchite invalidov v Rossiiskoi Federatsii"» [Federal Law No. 296-FZ dated December 30, 2012 «On Amendments to Articles 14 and 19 of the Federal Law "On the Social Protection of Disabled Persons in the Russian Federation"»]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902389665>. (accessed 23 April 2024).
- Fayzullina E. F., Il'icheva T. E. K voprosu o perevode professional'nykh terminov na zhestovyi iazyk [On the issue of translating professional terms into sign language]. In: *Sovremennye issledovaniia sotsial'nykh problem [Modern studies of social problems]*, 2020, 12(5), 211–219.
- Fradkina R. N. Govoriashchie ruki. Tematicheskii slovar' zhestovogo iazyka glukhikh Rossii [Talking hands. Thematic dictionary of the sign language of the deaf in Russia]. Moscow, Moskovskaia gorodskaiia organizatsiia VOG, 2001, 589.
- Geil'man I. F. Znakom'tes': ruchnaia rech' [Meet: manual speech]. Moscow, Zagrei, 2001, 172.
- Geil'man I. F. Vash drug – zhestika. Slovar'. Uprazhneniia. Razgovornik [Your friend is a jerk. Dictionary. Exercises. Phrasebook]. SPb., LIO Redaktor, 2002, 176.
- Grif M. G., Korol'kova O. O. Perspektivnye napravleniia razrabotki elektronnykh informatsionnykh resursov dlia obuchaiushchikhsia s ogranichennymi vozmozhnostiami zdorov'ia po slukhu [Promising directions for the development of electronic information resources for students with hearing disabilities]. In: *Informatika: problemy, metody, tekhnologii: materialy XXIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii im. E. K. Algazinova [Informatics: problems, methods, technologies: Proceeding of XXIVth International Scientific and Practical Conference named after E. K. Algazinov]*, Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi universitet, 2023, 973–978.
- Kagirov I. A., Riumin D. A. Baza dannykh russkogo zhestovogo iazyka poliklinicheskogo prednaznacheniia: lingvisticheskie osobennosti materiala i annotirovaniia [Database of Russian sign language for outpatient use: linguistic features of the material and annotation.]. In: *Vestnik NGU. Serii: Lingvistika i mezhkul'turnaia kommunikatsiia [Bulletin of NSU. Series: Linguistics and intercultural communication.]*, 2022, 20(3), 90–108. DOI 10.25205/1818–7935–2022–20–3–90–108.

Kulikova L. V., Magirovskaia O. V., Shatokhina S. A., Privalikhina E. S., Arskii A. A. Iazyki zhestov: lingvistika i sotsial'naia inkluziia: monografiia [Sign languages: linguistics and social inclusion: a monograph]. Moscow, FLINTA, 2022, 128.

Naurazbaeva L. V., Posidelova V. V., Khoroshko E. Iu. Slovar' russkogo zhestovogo iazyka dlia sotrudnikov organov vnutrennikh del: slovar' [Dictionary of Russian sign language for employees of internal affairs bodies: dictionary]. Moscow, DGSK MVD Rossii, 2020, 231.

Tematicheskii slovar' rossiiskogo zhestovogo iazyka. [Thematic Dictionary of Russian Sign Language]. Moscow, OOO «Zhest»; Nauchno-metodicheskii tsentr sotsial'no-pedagogicheskikh problem obrazovaniia glukhikh i zhestovogo iazyka. 2005

Tematicheskii slovar' russkogo zhestovogo iazyka [Thematic Dictionary of Russian Sign Language]. Available at: <http://www.nisor.ru/snews/oa-/catalog.html> (accessed 23 April 2024).

Tolkovy slovar' spetsial'nykh terminov na russkom zhestovom iazyke [Explanatory dictionary of special terms in russian sign language]. Available at: <http://www.nisor.ru/safarov/jest> (accessed 23 April 2024).

Zhesty. Slovar'-spravochnik [Gestures. Dictionary reference]. Moscow, Zagrei, 1995, 31.