

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
SATBAYEV UNIVERSITY



Институт автоматизации и информационных технологий  
Кафедра «Программной инженерии»

Айнабаев Азамат Махсутович

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Исследование и разработка алгоритма для компьютерного перевода текста с казахского языка на жестовый язык
Направление подготовки	7M06102- Machine Learning & Data Science

Научный руководитель  
PhD, ассис.-проф  
\_\_\_\_\_ Еримбетова А.С.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Оппонент  
PhD,  
Ассоциированный профессор  
\_\_\_\_\_ Самбетбаева М.А.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Нормоконтроль  
\_\_\_\_\_ Ахмедиярова А. Т.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой ПИ  
Кандидат физико-математических наук, профессор  
\_\_\_\_\_ Молдагулова А. Н.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический  
университет имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра Программная инженерия  
Специальность: 7М06102- Machine Learning & Data Science

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ПИ  
Кандидат физико-математических  
наук, профессор

\_\_\_\_\_ Молдагулова А. Н.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение магистерской диссертации**

магистранту, обучающемуся Айнабаеву Азамату Махсутовичу

Тема диссертации: «Исследование и разработка алгоритма для компьютерного перевода текста с казахского языка на жестовый язык»

Срок сдачи законченной диссертации « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

Исходные данные к магистерской диссертации: целью данного исследования жестового языка является разработка алгоритма, который позволит переводить письменный текст на жестовый язык. Поставлены цели и задачи диссертационной работы по исследованию и разработке алгоритма для компьютерного перевода текста с казахского языка на жестовый язык.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации: а) Связанные исследования для решения проблемы ; б) Машинный перевод казахского жестового языка .

Рекомендуемая основная литература:

1. Kimmelman, Vadim. Reflexive pronouns in Russian Sign Language and SignLanguage of the Netherlands: modality and universals (англ.). — Universiteit Van Amsterdam., 2009.

2. Зайцева Г.Л. Жестовая речь. Дактилология: Учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Л.Зайцева. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 192 с.

3. Goyal, L., & Goyal, V. (n.d.). Automatic Translation of English Text to Indian Sign Language <http://www.aclweb.org/anthology/W16-6319> 30.



## АННОТАЦИЯ

Улучшение и упрощение коммуникации между глухими и слабослышащими людьми и теми, кто использует текстовый язык, имеет огромное значение. Один из способов расширить возможности коммуникации глухих людей с помощью текстового языка - это использование электронных словарей. Эти словари предоставляют возможность получить интерпретацию слова в виде жестов с помощью виртуальных демонстраторов - аватаров. Эта задача может быть рассмотрена как первый шаг к созданию системы автоматического сурдоперевода, и исследование в этой области является актуальным.

Целью работы является создание научно-технического задела в области информационно-коммуникационных технологий и применение новых знаний, позволяющих совершенствовать восприятие, понимание и репродуцирование текстового материала на казахском языке слабослышащими путем разработки компьютерного анимационного жестового словаря ключевых слов по ИТ с использованием алгоритмов нормализации слов казахского языка и системы компьютерного сурдоперевода.

## АҢДАТПА

Саңырау және нашар еститін адамдар мен мәтіндік тілді қолданатын адамдар арасындағы байланысты жақсарту және жеңілдету үлкен маңызға ие. Саңырау адамдардың мәтіндік тіл арқылы сөйлесу қабілетін арттырудың бір жолы электронды сөздіктерді пайдалану болып табылады. Бұл сөздіктер виртуалды демонстранттар – аватарлардың көмегімен сөздің ым-ишара түрінде интерпретациясын алуға мүмкіндік береді. Бұл тапсырманы сурдоаударманың автоматты жүйесін құру жолындағы алғашқы қадам деп санауға болады және бұл бағыттағы зерттеулер өзекті болып табылады.

Жұмыстың мақсаты ақпараттық-коммуникациялық технологиялар саласында ғылыми-техникалық резерв құру және есту қабілеті бұзылған адамдардың қазақ тіліндегі мәтіндік материалды қабылдауын, түсінуін және жаңғыртуын жақсартуға мүмкіндік беретін жаңа білімді қолдану болып табылады. қазақ тіліндегі сөздерді қалыпқа келтіру алгоритмдерін және компьютерлік ым-ишара жүйелерін пайдаланатын АТ-ға арналған негізгі сөздердің компьютерлік анимациялық ым-ишара сөздігі.

## ANNOTATION

Improving and facilitating communication between deaf and hard of hearing people and those who use textual language is of great importance. One way to enhance the ability of deaf people to communicate through textual language is through the use of electronic dictionaries. These dictionaries provide an opportunity to get the interpretation of the word in the form of gestures with the help of virtual demonstrators - avatars. This task can be considered as the first step towards the creation of an automatic sign language translation system, and research in this area is relevant.

The aim of the work is to create a scientific and technical reserve in the field of information and communication technologies and the application of new knowledge that allows to improve the perception, understanding and reproduction of text material in the Kazakh language by the hearing impaired by developing a computer animated gesture dictionary of key words for IT using algorithms for normalizing the words of the Kazakh language and computer sign language systems.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Типы систем и подходов для преобразования текста в язык жестов	12
1.1 Системы, основанные на правилах	13
1.2 Системы на основе машинного обучения	14
1.3 Системы на основе аватаров	17
1.3 Системы, управляемые данными	19
2 Разработка анимированного словаря жестов	22
2.1 Создание анимированного персонажа	23
2.2 Анатомическое моделирование	23
2.3 Риггинг модели	26
2.4 Захват движений	30
2.5 Создание жестового словаря	32
3 Связанные исследования для решения проблемы	33
3.1 Особенности Жестового Языка	33
3.2 Грамматика Казахского Языка Жестов	34
3.3 Проблематика	37
3.4 Порядок слов в жестовом и разговорном языках	37
3.5 Лексический Состав Кжр	40
3.6 Лингвистическая Типология Жестового Языка	42
3.7 Синтаксис	43
4 Машинный перевод казахского жестового языка	47
4.1 Архитектура трансформатора	49
4.2 Анализатор синтаксиса казахского языка жеста	54
4.3 Блок Схема Алгоритма	55
4.4 Анализ порядок слов	56
4.5 Исключение стоп-слов	59
4.6 Лемматизация и замена синонимов	60
4.7 Рендеринг анимации и создание аватаров на платформе Unity	60
Заключение	65
Перечень сокращений	67



## ВВЕДЕНИЕ

По данным ВОЗ количество глухих на 2020 год около 466 миллионов глухих во всем мире и, возможно, к 2050 году число становится 900 млн. человек с потерей слуха.[1] Понятие «тугоухости» применяется по отношению к людям с потерей слуха, варьирующейся в пределах от легкой до тяжелой. Люди, которые плохо слышат, обычно общаются через язык жестов. Глухие немые и слабослышащие люди сталкиваются с проблемами в общении с другими людьми.

По данным министерства труда и социальной защиты населения, по состоянию на конец мая 2022 года в Казахстане зарегистрировано инвалидностью 715 157 человек с инвалидностью, В Казахстане самая большая группа инвалидов – с третьей группой инвалидности (лица с поражением слуха относятся к этой группе).[2],[26]

Язык жестов - это визуальный язык, который использует жесты рук, выражения лица и язык тела для передачи смысла. Он используется глухими и слабослышащими людьми для общения друг с другом и с людьми, которые могут слышать, но могут не знать, как использовать язык жестов.[3] Многие системы машинного перевода доступны для разговорных языков, но системы перевода между разговорным языком и языком жестов ограничены. Перевод текста на язык жестов отличается от перевода между разговорными языками, потому что язык жестов - это визуально пространственный язык, который использует руки, руки, лицо, положение головы и тела для общения в трех измерениях. Перевод текста на язык жестов затруднен, потому что правила грамматики языка жестов не стандартизированы. Тем не менее, для перевода текста на язык жестов используются ряд подходов, где вводом является текст, а выводом - предварительно записанное видео или анимированный компьютерный аватар.

Актуальность задачи облегчения общения глухих и слабослышащих людей при межличностном общении с другими людьми определяется резолюциями ООН. Одним из средств расширения коммуникативных возможностей глухих с людьми, использующими текстовый язык, являются электронные словари, позволяющие интерпретировать слова в виде жестов виртуальными демонстраторами Аватара. Эту задачу можно рассматривать как первый шаг в создании системы автоматического сурдоперевода.

Словарь жестов — это справочник, содержащий характеристики жестов и их значения. Он используется для обучения языку жестов и понимания значений языка жестов. Язык жестов — это система общения, используемая слабослышащими или глухими людьми. Словарь жестов помогает изучающим язык жестов выучить новые жесты и научиться правильно использовать их в разговоре. Словарь языка жестов также можно использовать для перевода простых слов и фраз на язык жестов, чтобы люди с нарушениями слуха могли лучше понимать, о чем говорят собеседники, и участвовать в общении.

В целом словарь жестов является важным инструментом для снижения барьеров между слабослышащими и слабослышащими.

Сложный словарный запас жестов может варьироваться от простых жестов, таких как «привет» или «до свидания», до сложных жестов, таких как медицинские, научные или технические термины.

Разные страны могут использовать разные жестовые языки со своими собственными жестовыми словарями. Например, британский английский Американской ассоциации глухих (AAD) отличается от британского языка жестов (BSL). Подписание словарей, онлайн-ресурсов, видеоуроков, мобильных приложений и многого другого. могут быть представлены в различных форматах, таких как Словарь жестов также может быть полезен людям с нарушениями слуха, которые хотят выучить язык жестов, чтобы общаться с глухими или улучшить общение в обществе.

Предлагаемая система является инновационной, поскольку существующие системы используют методы компьютерного зрения для анализа видеозаписей жестов языка жестов и перевода их в текст или речь, но преобразование текста в язык жестов системы разрабатывались редко.

Наш проект направлен на создание системы перевода, состоящей из синтаксического анализа, который анализирует входное предложение на казахском языке в грамматику структуры фразы представление, к которому применяются правила грамматики казахского языка жестов (КЖЯ).

**Цель работы:** целью данного исследования жестового языка является разработка алгоритма, который позволит переводить письменный текст на жестовый язык. Это включает в себя изучение и анализ структуры и грамматики жестового языка, а также разработку компьютерных моделей и алгоритмов, способных автоматически интерпретировать и переводить текстовую информацию в жестовый язык. Чтобы люди, использующие жестовую коммуникацию, могли более удобно взаимодействовать с текстовой информацией. Результаты этого исследования могут иметь практическую ценность, облегчая коммуникацию между глухими или слабослышащими людьми и теми, кто не владеет жестовым языком, и способствуя их взаимопониманию и включению в общество.

**Предметная область:** Исследования жестового языка является изучение его структуры, грамматики, лексики и особенностей выражения смысла через жесты и некоторые невербальные элементы, такие как мимика и позы. Исследование жестового языка включает изучение различных аспектов, таких как жестовая лексика, грамматика жестового языка, синтаксис и семантика жестов, а также их использование в коммуникации и культурном контексте.

**Задачи исследования:**

1. Провести исследование в области лингвистики жестового языка, чтобы получить глубокое понимание его структуры и особенностей. Это включает изучение жестовых систем, грамматических правил и выражений, используемых в жестовом языке.

2. Создать полноценный жестовый словарь для казахского языка, включающий широкий набор жестовых символов и соответствующие им значения. Это важный ресурс для понимания и интерпретации жестового языка и обеспечения точности перевода.

3. Разработать и применить модели и методы машинного перевода, специально адаптированные для казахского жестового языка. Это включает разработку алгоритмов, нейронных сетей и других техник, позволяющих автоматически переводить текстовые выражения на жестовый язык с высокой точностью.

4. Создать параллельный корпус, содержащий соответствующие пары текстовых выражений на казахском языке и их эквиваленты на жестовом языке. Этот корпус будет использоваться для обучения и оценки моделей машинного перевода, а также для дальнейшего исследования и разработки в области перевода между письменным и жестовым языками.

## 1 Типы систем и подходов для преобразования текста в язык жестов

Когда дело доходит до преобразования текста в язык жестов, можно использовать различные подходы и типы систем. Машинный перевод на язык жестов включает в себя разработку моделей и методов, специально предназначенных для перевода между устным или письменным языком и языком жестов. Вот несколько распространенных типов языковых систем преобразования текста в жесты: основанные на правилах, системы на основе машинного обучения, системы управляемые данными, системы на основе аватаров

При преобразовании текста на язык жестов учитываются несколько критериев, обеспечивающих точный и эффективный перевод. Эти критерии помогают направлять разработку систем и подходов к преобразованию текста в язык жестов.[5]

Вот несколько важных критериев:

**Лингвистическая точность:** перевод должен точно отражать лингвистические элементы, грамматику, синтаксис и структуру целевого жестового языка. Он должен отражать нюансы и правила, характерные для используемого языка жестов.

**Культурная уместность:** языки жестов имеют свои культурные и региональные вариации. Перевод должен учитывать культурный контекст, идиоматические выражения и региональные вариации языка жестов, чтобы обеспечить надлежащее представление с учетом культурных особенностей.

**Иконичность и визуализация.** Языки жестов являются визуальными и основаны на жестах, мимике и движениях тела. При переводе следует учитывать иконичность языков жестов, где знаки могут визуально представлять объекты, действия или понятия. Он должен быть направлен на захват визуальных аспектов текста выразительным и понятным образом.

**Естественность и беглость:** переведенный язык жестов должен казаться естественным и беглым. Он должен учитывать естественный темп, ритм и плавность жестов, избегая дословного дословного перевода, который может звучать неестественно или бессвязно на жестовом языке.

**Доступность:** перевод должен быть доступен для широкого круга пользователей жестового языка, включая глухих людей с разным языковым образованием, уровнем владения жестовым языком и предпочтениями в общении. Он должен быть четким, понятным и подходить для разных пользователей жестового языка.

**Отзывы и оценки пользователей.** Постоянные отзывы и оценки пользователей играют решающую роль в уточнении и улучшении системы перевода. Пользовательский ввод помогает определить области для улучшения, устранить ошибки и повысить общее качество и удобство использования преобразования текста в жестовый язык. [22][23]

## 1.1 Системы основанные на правилах

Системы, основанные на правилах. Системы, основанные на правилах, используют predetermined правила и лингвистические знания для создания представлений на языке жестов. Эти системы обычно включают набор лингвистических правил и отображений, которые переводят отдельные слова, фразы или предложения в соответствующие жесты языка жестов. Системы, основанные на правилах, требуют ручного создания правил и сопоставлений, что может занимать много времени и может не учитывать всех лингвистических нюансов.

В этой методологии правила языковых пар должны быть идентифицированы предпочтительно через лингвистических экспертов. Процесс RBMT [4] может быть лучше понят треугольником предложенный Бернардом Вокуа и широко известный как Треугольник Вокуа, изображенный на рисунке 1.

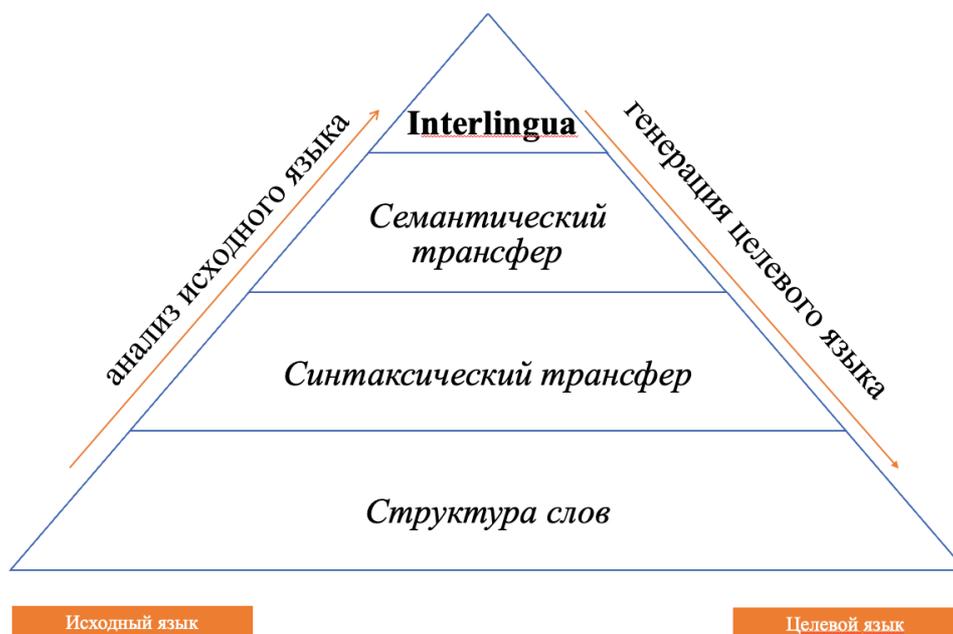


Рисунок 1. Треугольник Вокуа

Примечание – составлено автором по изученным материалам

Процесс перевода [5][6][7] осуществляется на разных уровнях этого треугольника. Левая сторона является восходящей стороной и правая сторона - нисходящая сторона. Левый угол показывает текст на исходном языке и правый угол целевой языковой текст. При подъеме по левой стороне, текст на исходном языке может проходить различные этапы анализа и при спуске по правой стороне соответствующие происходят фазы генерации.

Параллельные горизонтальные линии показывает передачу соответствующей фазы анализа источника язык к этапу генерации целевого

языка. Слова исходный язык напрямую переносятся на целевой язык слов с помощью словаря называется прямым переносом. Этот происходит в фазе морфологического анализа и генерации. Морфология и синтаксис системы, основанные на правилах, учитывают морфологию и синтаксис исходного языка для создания грамматически правильных представлений языка жестов. Правила учитывают порядок слов, флективную и деривационную морфологию, согласование глаголов и другие лингвистические особенности, характерные для целевого языка жестов. Это гарантирует, что перевод соответствует структурным правилам жестового языка.

Следующий уровень перевода учитывает синтаксис источника и целевой язык. Синтаксическое дерево синтаксического анализа оформлено и перенесены в соответствующее дерево синтаксического анализа целевого языка. Этот процесс также называется синтаксическим переносом.

Семантика передача следует за синтаксической передачей. Здесь смысл в исходный язык переносится на целевой язык. И в последний высший уровень треугольника Вакуа-интерлингва [8]-[9] где предложения представлены на языке независимая структура. Отсюда могут быть созданы целевые языки. Однако в каждой фазе существует число неоднозначностей, которые стала настоящей проблемой машинного перевода.

Системы, основанные на правилах, имеют определенные ограничения. Они требуют обширных лингвистических знаний и ручного создания правил, что может занять много времени и может не отражать все лингвистические нюансы. Подходы, основанные на правилах, могут иметь проблемы с обработкой сложных языковых явлений или вариаций языка жестов. Кроме того, они могут плохо адаптироваться к новым или необычным словам или выражениям, на которые явно не распространяются предопределенные правила.

Несмотря на эти ограничения, системы, основанные на правилах, успешно применялись в конкретных приложениях перевода с языка жестов, особенно когда они применялись к контролируемым областям или сценариям с ограниченным словарным запасом. Они обеспечивают прозрачность и контроль над процессом перевода, позволяя выполнять точную настройку и корректировку правил перевода в соответствии с конкретными потребностями.[27]

## **1.2 Системы на основе машинного обучения**

Системы на основе машинного обучения. Системы на основе машинного обучения используют такие методы, как статистические модели или нейронные сети, для изучения шаблонов и сопоставлений между текстом и жестами языка жестов. Эти системы обучаются на больших наборах данных пар «текст-жест» и используют изученные шаблоны для создания представлений на языке жестов для нового входного текста.[11] Системы на

основе машинного обучения могут фиксировать более сложные языковые особенности и адаптироваться к различным вариациям жестового языка. Вот как можно применить NMT специально для перевода на жестовый язык:

1. Создание набора данных. Составляется большой набор данных, в котором разговорный или письменный язык сочетается с соответствующими жестами на языке жестов. Этот набор данных служит обучающими данными для модели NMT. Он должен охватывать широкий спектр языковых элементов, выражений и вариаций, характерных для целевого жестового языка.

2. Входное представление: Устный или письменный ввод кодируется в числовые представления, которые могут быть обработаны моделью NMT. Это кодирование может включать такие методы, как токенизация, когда ввод делится на более мелкие единицы, такие как слова или подслова. Также могут быть включены дополнительные лингвистические особенности или контекстуальная информация.

3. Архитектура нейронной сети: модели NMT обычно используют рекуррентные нейронные сети (RNN) или модели преобразователя в качестве базовой архитектуры. Модели на основе RNN, такие как долговременная кратковременная память (LSTM) или вентилируемые рекуррентные единицы (GRU), способны фиксировать последовательные зависимости на входном языке. Трансформеры с их механизмами самоконтроля превосходно моделируют долговременные зависимости и контекстную информацию.

4. Обучение: модель NMT обучается на парных данных языка ввода и языка жестов. Модель учится сопоставлять последовательности входного языка с соответствующими им жестами языка жестов. Процесс обучения включает в себя оптимизацию функции потерь, такой как кросс-энтропийная потеря, чтобы минимизировать разницу между предсказанными и целевыми последовательностями языка жестов.

5. Генерация языка жестов. После обучения модель NMT может использоваться для создания жестов на языке жестов для нового устного или письменного ввода. Модель принимает входной язык в качестве входных данных и создает последовательность жестов языка жестов, которые представляют перевод. Сгенерированные жесты могут включать в себя формы рук, движения, выражения лица и другие элементы, составляющие коммуникацию на языке жестов.

6. Оценка и уточнение. Сгенерированные жестовые жесты сравниваются с эталонными переводами или аннотациями для оценки качества и точности модели NMT. Метрики оценки, люди-оценщики или отзывы пользователей используются для уточнения модели, точной настройки прогнозов и повышения общей производительности.

Внизу продемонстрирован рисунок 2 предлагаемый подход, который переводит от текста на естественном языке глосс языку жестов и наоборот. Предлагаемый подход делится на два направления. Первое направление переводит текст в глянецовую нотацию, в то время как второе направление переводит из глянецовой нотации в текст.

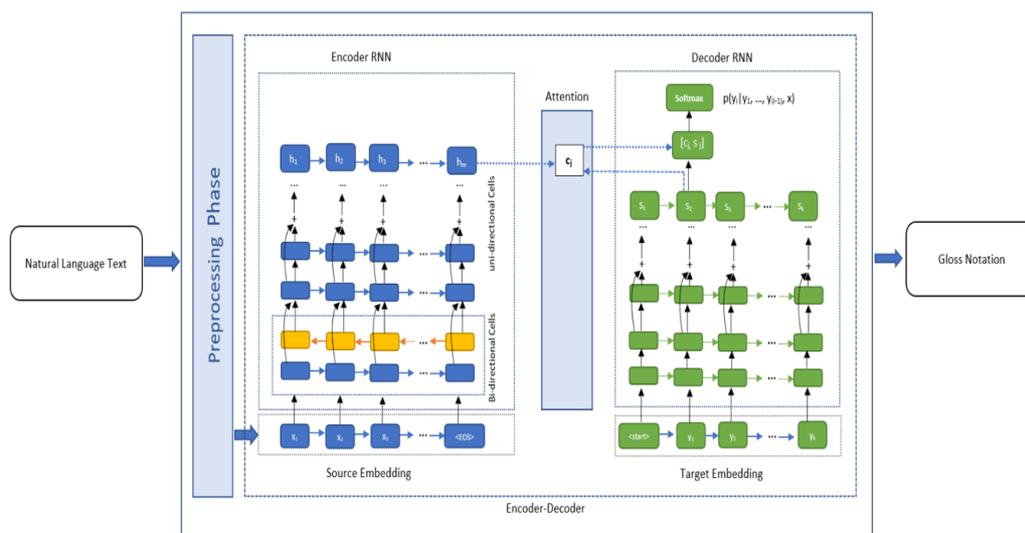


Рисунок 2. Модель перевод текста на естественном языке в язык жестов

Примечание - составлено автором на основе источника [14]

В подходе преобразования текста в глянec, показанном на рисунке 2, вводимый текст подается в NMT, который переводит текст в глосс обозначение. NMT состоит из двух этапов: предварительной обработки и этап кодирования-декодирования. На этапе предварительной обработки обработка естественного языка происходит как Преобразование текста на естественном языке в нижний регистр и конвертировать глянцевую нотацию в верхний регистр, чередовать пробелы и удаление цифры и знаки препинания. Затем текст встраивается в непрерывное векторное пространство. Второй этап состоит из модель нейронной сети кодер-декодер, дополненная механизм внимания, который переводит встроенный текст в язык глянцевых обозначений. Нейронная сеть последней фазы состоит из кодера и декодера. Как правило, кодировщик преобразует исходное предложение в список векторов, один вектор за входной символ.

Учитывая этот список векторов, декодер производит по одному символу за раз до специального конца предложения создается символ (EOS). Кодер и декодер связаны через модель внимания. Модель позволяет нейронной сети обращать внимание только на часть входных данных предложение при генерации перевода, аналогичного человеческому переводчик.

Модели NMT для перевода с языка жестов продемонстрировали многообещающие результаты, сократив разрыв между устным или письменным языком и общением на языке жестов. У них есть потенциал для обеспечения более точного и контекстуально соответствующего перевода по сравнению с традиционными подходами, основанными на правилах. Однако

модели NMT требуют значительных объемов высококачественных обучающих данных и вычислительных ресурсов для эффективного обучения.

### 1.3 Системы на основе аватаров

Системы преобразования текста в аватар для языка жестов предназначены для преобразования письменного или устного языка в анимированные представления, выполняемые виртуальными аватарами. Эти системы позволяют общаться между слышащими людьми и сообществом глухих, визуально отображая жесты на языке жестов через аватары. Внизу рисунок 3 представлен архитектура, как работают системы преобразования текста в аватар для языка жестов:

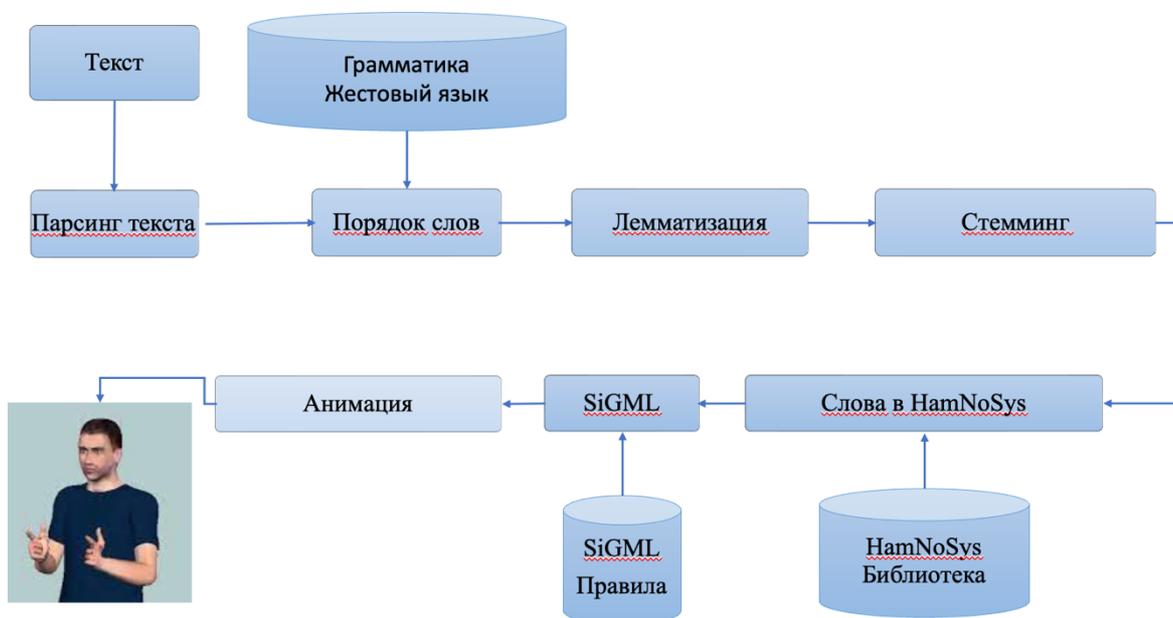


Рисунок 3. Архитектура перевода текста на язык жестов генерация аватара

Примечание - составлено автором на основе источника [6]

На вход в систему пользователь вводит письменный или устный язык в виде предложений, фраз или отдельных слов. Этот ввод представляет желаемое сообщение, которое должно быть передано на языке жестов, Система анализирует введенный текст с учетом таких факторов, как грамматика, синтаксис и семантика. Он также может включать методы обработки естественного языка для понимания контекста и значения текста. Проанализированное предложение затем отправляется на преобразование модуль, который переупорядочивает слова в грамматику жестовый язык.

Требуется изменение порядка, так как английский язык использует порядок SVO, тогда как корейский, казахский итд. используют SOV порядок слов. После получение предложения в соответствии с грамматикой жестовый языка, нежелательные слова из предложения удаляется и все вспомогательные слова, такие как глаголы-связки, артикли и т.д. не используются. Вывод отправляется в модуль лемматизации, который преобразует слова в их корневой форме.

Это опять потому что язык жестов использует корневую форму каждого слово независимо от других языков, которые использует суффиксы, герундий, прошедшее и будущее слова в своих предложениях. Если синоним не является доступно, используется дактильный жест (написание слова пальцами) исполняется аватаром.

В этом этапе предложение готово к анимации. Созданные жесты на языке жестов переводятся в анимированные движения, выполняемые виртуальными аватарами. Аватары имитируют формы рук, движения, выражения лица и позы тела, связанные с жестами языка жестов. Анимации стремятся быть точными и визуально репрезентативными для предполагаемого сообщения языка жестов (рисунок 4).

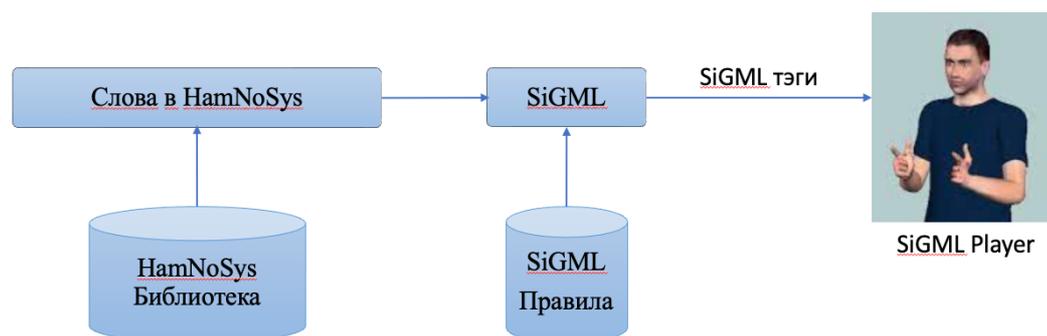


Рисунок 4. Архитектура для создания анимация из текста  
Примечание - составлено автором на основе источника [8]

Каждый слово предложения заменяется его эквивалент HamNoSys (Письменное обозначение знак)[7] от английского Word-HamNoSys словарь, а строка HamNoSys конвертируется в SiGML (разметка жестов подписи язык) код с использованием правил SiGML. Этот Код SiGML отправляется в инструмент анимации SiGML. Анимированные движения аватара отображаются на экране или в интерфейсе для просмотра пользователями. Эта визуализация позволяет слышащим людям наблюдать и интерпретировать жесты языка жестов, передаваемые аватарами.

Модель на основе преобразования текста в аватар можно настроить для поддержки различных языков жестов, региональных вариаций или пользовательских предпочтений. Их также можно адаптировать к различным

платформам и устройствам, таким как настольные компьютеры, мобильные устройства или среды виртуальной реальности.

Система преобразования текста в аватар для языка жестов обеспечивают доступные средства общения между слышащими людьми и сообществом глухих. Они позволяют в режиме реального времени переводить письменную или устную речь в визуальное представление жестов языка жестов, способствуя инклюзивности и способствуя эффективному общению через языковые барьеры. Постоянное совершенствование технологии аватаров, обработки естественного языка и распознавания языка жестов способствует развитию более точных и реалистичных систем преобразования текста в аватар для общения на языке жестов.

#### 1.4 Системы, управляемые данными

Системы, управляемые данными. Системы, управляемые данными, полагаются на большие коллекции записанных видео или аннотаций на языке жестов для создания базы данных жестов, связанных с определенными словами или фразами. При получении вводимого текста система извлекает из базы данных соответствующие жестовые жесты и отображает их. Системы, управляемые данными, могут обеспечить более естественные и разнообразные выражения жестов, но требуют обширных видеоресурсов жестового языка для обучения и поиска. [22]

Метод основанные на данных, основаны либо на примерах, либо на статистических данных, а иногда и на гибридах. Оба полагаются на битексты, выровненные по словам, т.е. параллельные тексты, слова которых в одном языке идентифицируются в последовательности слов другого

В статистическом машинном переводе исходное предложение  $f_1^J = f_1 \dots f_j$  превращается в целевое предложение  $e_1^I = e_1 \dots e_1$  путем выбора предложения с наибольшей вероятностью из всех возможных целевых предложений. Это вычисляется правила принятия решений Байеса:

$$\hat{e}_1^I = \operatorname{argmax}\{\Pr(e_1^I) \times \Pr(f_1^J|e_1^I)\}.$$

(1)

Несколько статистических моделей используются для оценки свободных параметров с большими обучающими данными (например, см. Brown et al.(1993), Ох и Ней (2000)). Одна позиция целевого исходного слова назначается каждой позиции исходного слова с помощью выравниваний (рисунок 5).

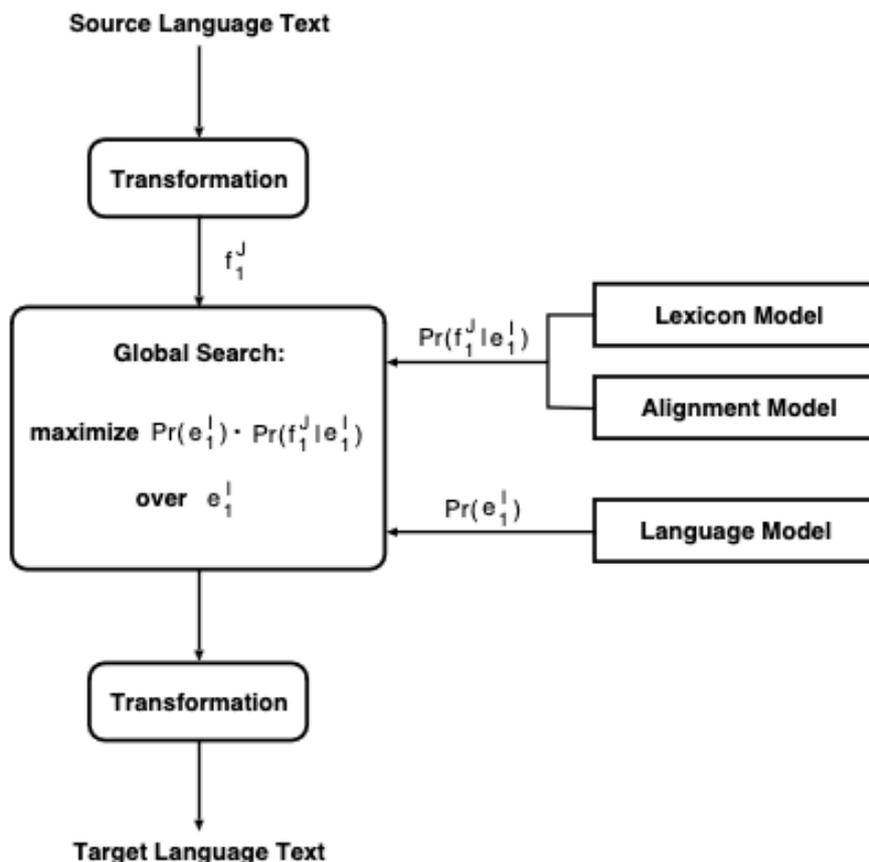


Рисунок 5. Архитектура подхода к переводу на основе правила принятия решений Байеса

Примечание - составлено автором на основе источника [35]

Процесс перевода представляет собой простой модель жестовый машинный перевод (SMT), состоящей из лексической модели и модели выравнивания, а также языковой модели, которая извлекает вероятности из целевых сторон параллельных текстов. Каждая модель загружается в глобальную поисковую систему, которая использует правило принятия решений Байеса (формула 1) для поиска наилучшего совпадения. Декодер основан на алгоритме динамического программирования. Оценки машинного перевода не проводились, но инструмент распознавания был протестирован с использованием одного час видеоданных в пределах одного домена. Бауэр и др. сообщают, что для 52 знаков они достигают точности распознавания 94% и 91,6% для 100 знаков. Исходя из этого, авторы предполагают, что инструмент перевода сможет достичь точности до слова 90%.

Они также пришли к выводу, что распознаватель способен обрабатывать порядок слов жестовый язык и может распознавать непрерывный жестовый язык.

Новая инверсия традиционного направления перевода жестовый язык и машинный перевод решает проблему направленности слуха и глухоты двуязычной системы перевода и вводит добавление модуля распознавания.

К сожалению, при машинном переводе на основе данных для жестового языка не проводилось формальных оценок, но следует отметить, что это

исследование было проведено до того, как были разработаны автоматические методы оценки. Однако заявленная точность распознавания результаты показывают, что добавление этого модуля и изменение направления трансляции не должно отрицательно сказываться на компоненте машинного перевода жестового языка с точки зрения дополнительных шумов независимо от возможностей самой системы машинного перевода.[13]

Управляемые данными системы для перевода текста на язык жестов выигрывают от наличия больших аннотированных наборов данных, что позволяет моделям учиться на различных примерах и хорошо обобщать новые входные данные. Эти системы могут улавливать лингвистические нюансы, временную динамику и культурные аспекты жестового языка, что приводит к более точным и выразительным переводам. Однако они требуют значительных объемов высококачественных аннотированных данных и вычислительных ресурсов для обучения и оптимизации.

Стоит отметить, что качество и точность систем преобразования текста в язык жестов могут варьироваться в зависимости от таких факторов, как сложность вводимого текста, доступные лингвистические ресурсы и конкретный целевой язык жестов а также могут применяться гибридные системы сочетают в себе несколько подходов, таких как методы, основанные на правилах и машинном обучении, чтобы использовать сильные стороны каждого подхода. Эти системы могут использовать основанные на правилах методы для базовых лингвистических отображений и использовать модели машинного обучения для более сложных языковых структур или адаптивности.

Принимая во внимание эти критерии, можно сделать вывод, разработчики могут создавать более эффективные и всеобъемлющие системы для преобразования текста в язык жестов, способствуя эффективному общению и доступности для глухих людей в различных контекстах. Учитывая выше сказанное, можно сделать вывод, что наиболее целесообразным решением является выбор системы основанные на правилах и система на основе аватаров для реализации компьютерного перевода казахского текста на письменный казахский жестовый язык с подключением анимированного аватара.

## 2 Разработка анимированного словаря жестов

Одной из наиболее актуальных проблем при создании компьютерных систем сурдоперевода является визуализация казахский жестовый язык. Простейшую систему визуализации можно создать на основе компьютерного видеословаря, предоставленного одним человеком. В нем слова или общие предложения представлены в виде отдельных видеофрагментов, а из отдельных слов собираются сложные словосочетания. Несмотря на их очевидные достоинства простота, они имеют существенные недостатки. Главный из них состоит в том, что синтез таких жестовых языков не является непрерывным, а лишь повторяет последовательность изолированных друг от друга действий. Другой способ использовать компьютерную модель человека (Аватара). Здесь повторяющиеся движения свободно перетекают из одного в другое, что очень хорошо для восприятия глухими горожанами.

Для решения задач, представленных в данном руководстве, была предпринята попытка системно представить современный подход к созданию систем визуализации для компьютерных систем сурдоперевода. Кроме того, эта проблема недостаточно освещена в современной учебной литературе. Автора в основном интересуют новые результаты, в частности описание перемещений казахского языка жеста в гамбургской системе маркировки.[10][12] Рассмотренные подходы, модели, методы и технологии визуализации жестовый казахского языка предназначены как для студентов, так и для специалистов, работающих в области систем искусственного интеллекта и человеко-машинного взаимодействия.

Словарь жестов - это справочник, содержащий характеристики жестов и их значения. Словарь языка жестов помогает изучающим язык жестов выучить новые жесты и научиться правильно использовать их в разговоре. Жестовый словарь также можно использовать для перевода простых слов и фраз на жестовый язык, чтобы люди с нарушениями слуха могли лучше понимать, о чем говорят собеседники, и участвовать в общении.

В целом словарь жестов является важным инструментом для снижения барьеров между слабослышащими и слабослышащими. Сложный словарный запас жестов может варьироваться от простых жестов, таких как «привет» или «до свидания», до сложных жестов, таких как медицинские, научные или технические термины. Словарь жестов также можно использовать для создания доступной среды общения для глухих в сообществе. Например, в общественных местах, таких как аэропорты, вокзалы и больницы, могут быть установлены словари жестов или знаки, чтобы помочь глухим людям лучше ориентироваться в новом месте и общаться с персоналом.

## 2.1 Создание анимированного персонажа

Для достижения точного воспроизведения текста в жестах необходимо создать высококачественную анимированную модель человека. Этот процесс включает последовательное выполнение следующих этапов:

1. **Анатомическое моделирование:** Создание анатомической модели человека с учетом пропорций тела, артикуляции и деталей анатомии, которая будет основой для анимации жестов.
2. **Риггинг:** Создание системы костей и контроллеров, которые позволят управлять движением модели. Риггинг обеспечивает гибкость и контроль над анимацией жестов.
3. **Facial Capture:** Захват движений лица с использованием специального оборудования, такого как системы захвата движений или анализаторы выражений лица, для создания реалистичных анимаций лица и выражений.[20]
4. **Motion capture:** Захват движений, живые исполнители, надевая на себя специальные сенсоры или маркеры, выполняют желаемые жесты или движения. Их движения записываются с помощью камер или инерционных датчиков, которые фиксируют положение и ориентацию маркеров в пространстве.[20]
5. **Материалы и текстуры:** Применение материалов и текстур к модели, чтобы придать ей реалистичный вид. Это может включать текстурирование кожи, волос, одежды и других деталей, чтобы достичь желаемого визуального эффекта.

На сегодняшний день существует несколько программных комплексов, которые упрощают процесс создания компьютерных персонажей. Они предлагают различные инструменты и функциональность для моделирования, риггинга, анимации и визуализации, чтобы помочь художникам и аниматорам достичь желаемых результатов при создании анимированных персонажей. Ниже приведено описание.

## 2.2 Анатомическое моделирование

Полигональная модель является основой для создания компьютерных персонажей. Она представляет собой сетку из множества выпуклых многоугольников, называемых полигонами, которые формируют внешний вид объекта, такого как человек. В основном используются треугольники и четырехугольники в полигональных моделях. Полигональный объект состоит из компонентов, таких как вершины, ребра и грани, которые определяют форму и структуру модели (рисунок 6).

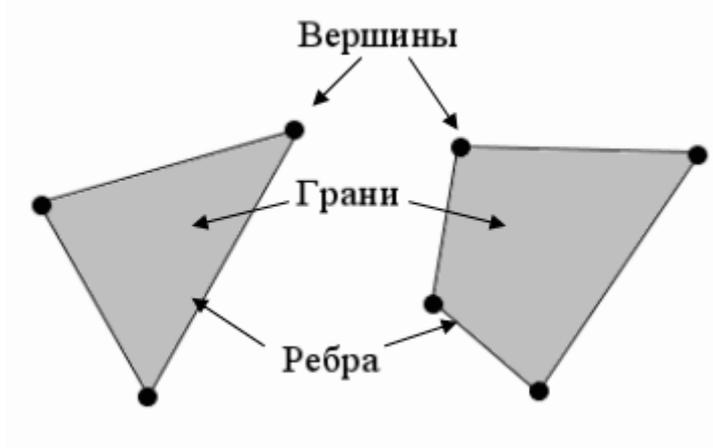


Рисунок 6. Представление рёбер, вершин и граней  
Примечание - составлено автором на основе источника [34]

Для создания модели в процессе используются её проекции [33]. Вначале создается простой примитив, например, параллелепипед, а затем происходит формирование всей модели путем выдавливания. Возможность проводить такую операцию предоставляется 3D-редакторами, где выбранные грани или ребра перемещаются, создавая новые грани. Иллюстрация процесса можно наблюдать на рисунках внизу (рисунок 7,8,9).

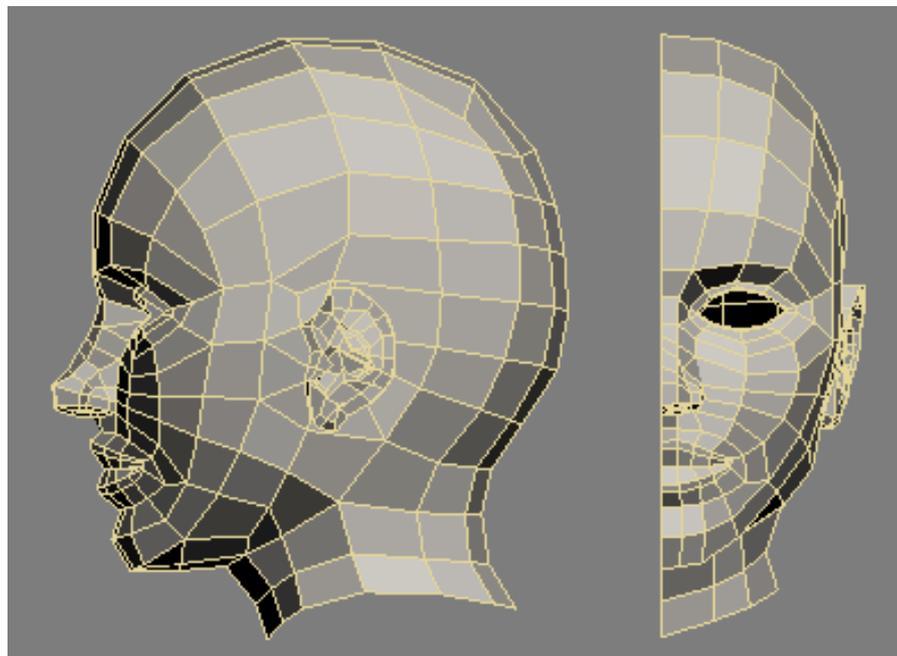


Рисунок 7. Создание полигональной модели

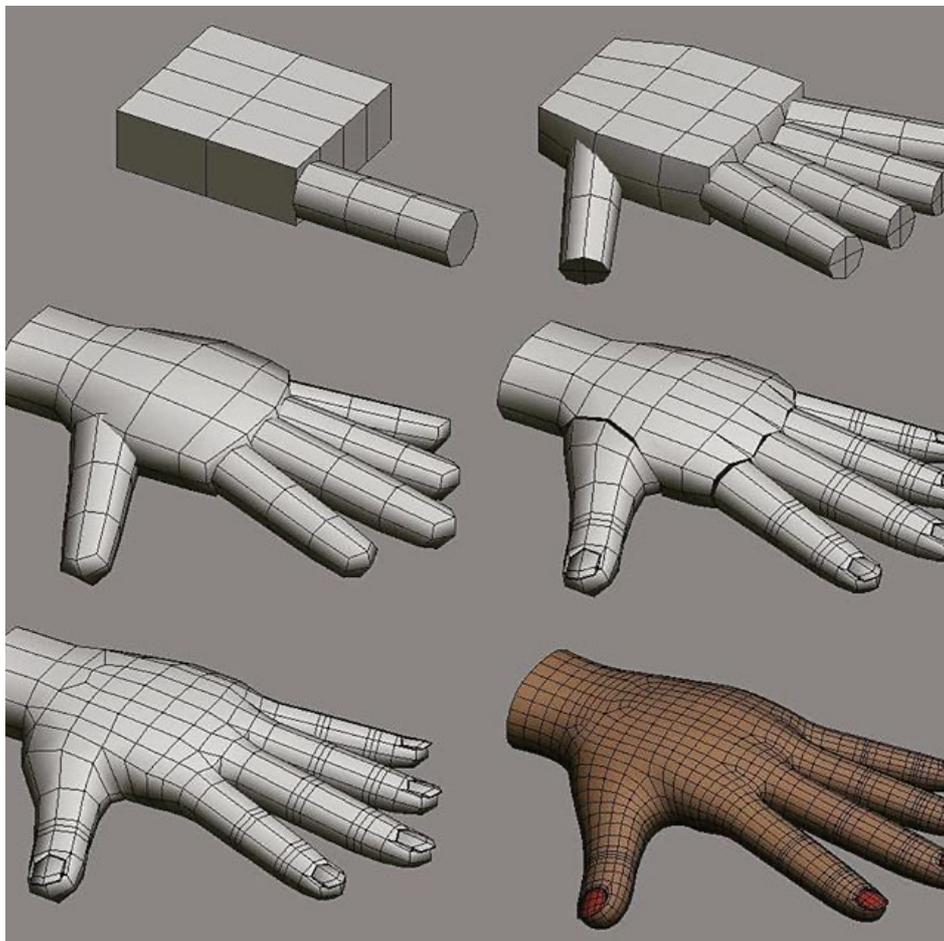


Рисунок 8. Создание полигональной модели

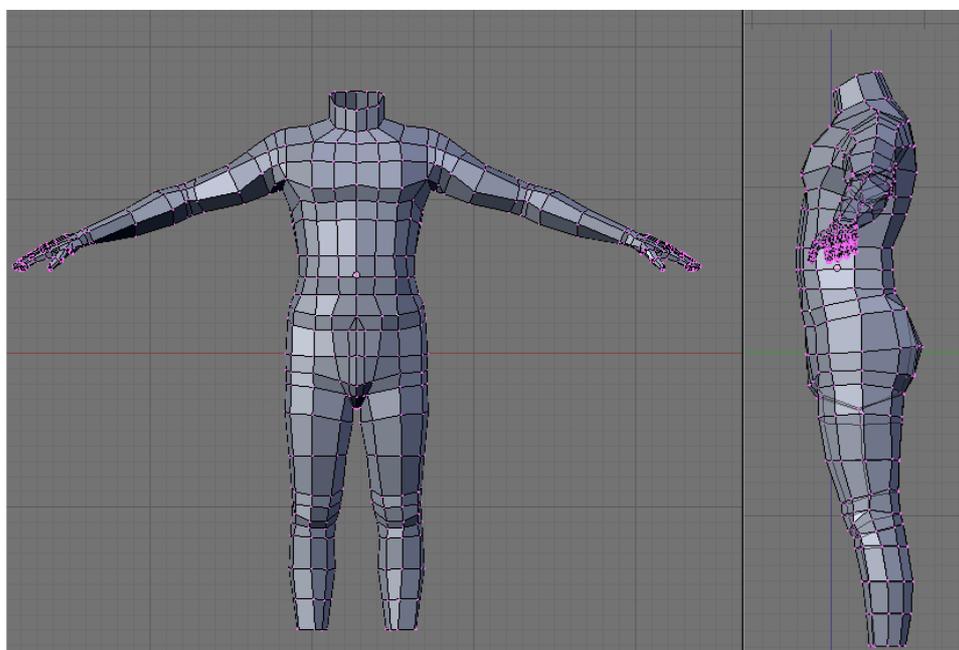


Рисунок 9. Создание полигональной модели

Примечание - составлено автором по изученным материалам [ 35]

После создания полигональной модели необходимо присвоить ей материалы, которые определяют её состав. Например, часть модели, представляющая одежду, может содержать набор материалов, имитирующих различные типы тканей. Эти материалы могут управлять различными параметрами, такими как цвет, прозрачность, самосвечение и другие. Кроме того, материалу может быть назначена текстурная карта, которая определяет визуальный облик поверхности модели.[33]

Исходя из вышеуказанного видно, для создания высококачественной полигональной модели требуется значительное количество усилий и времени. Обычно при разработке программного обеспечения, особенно в контексте компьютерных игр, необходимо создавать множество различных моделей. В связи с этим важным компонентом команды является специалист по 3D-моделированию. Для этого можно использовать как платные, так и бесплатные модели, доступные в интернете. В случае использования бесплатных моделей, не нарушающих авторских прав, возможно их дальнейшее модифицирование для достижения наилучшего результата. Это может включать удаление ненужных примитивов, добавление отсутствующих элементов, изменение UV-развертки и другие модификации.

### **2.3 Риггинг модели**

После создания полигональной модели персонажа можно приступить к риггингу модели. Риггинг - это процесс подготовки персонажа к анимации, включающий создание и размещение внутри трёхмерной модели виртуального “скелета”, рига - набора “костей” (или “суставов”), по-английски “bones” (“joints”), а также установления иерархической зависимости между костями и их возможных трансформаций.

Риггинг необходим для скелетной анимации, преимущества которой заключаются в том, что она позволяет манипулировать большим количеством составных элементов анимируемой фигуры (конечности, губы, глаза и т.д.) с помощью относительно малого количества управляющих элементов. Для этого изменяются характеристик этих костей.

Скелет в простейшем случае представляет собой набор костей, соединенных иерархическим образом. Поскольку между костями устанавливается иерархическая зависимость, то смещение в пространстве каждой кости, находящейся в зависимости от стоящей выше по иерархии, будет представлять собой совокупность её трансформаций, которым подвергается “родительская” кость, а также её собственных. Например, за смещением плеча последует смещение всей руки. Грамотная настройка зависимостей позволяет аниматорам значительно экономить усилия, указывая, например, траектории смещения только для небольшого количества отдельных костей, которые вызовут изменение положения других костей, находящиеся в иерархической зависимости от изменяемых.

Каждая кость скелета - это отрезок, начало которого подсоединено к концу “родительской кости” (“parent bone”). Поскольку начало кости полностью задается родительской костью, то для однозначного задания кости необходимо задать ссылку на родительскую кость и конец отрезка.

Конец отрезка обычно задается как аффинное преобразование, не изменяющее длины, которое переводит начало кости в её конец. Можно показать, что такое преобразование всегда представляет собой суперпозицию поворота и переноса. Существуют различные способы задания поворота – через углы Эйлера, кватернион и др., однако все они могут быть выражены в матричной форме. Таким образом, каждая кость имеет свою собственную матрицу преобразований размерности 4x4 (рисунок 10).

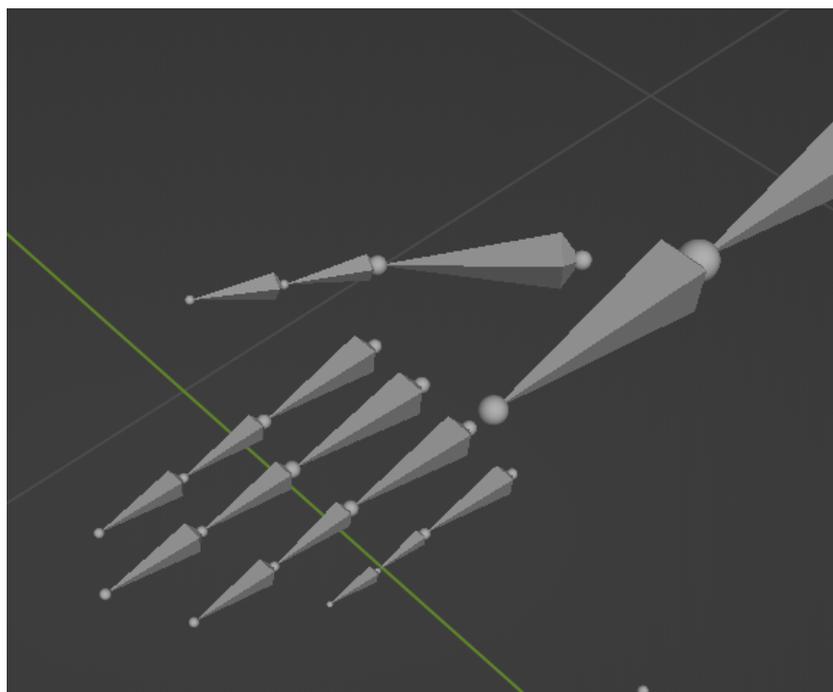
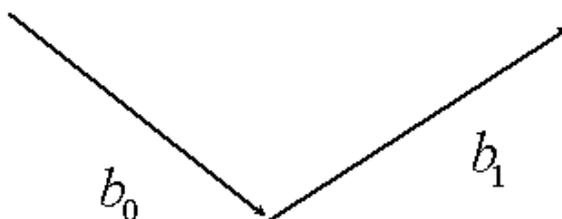


Рисунок 10. Пример костей

Примечание - составлено автором на основе источника [34]

Каждая кость имеет свою систему координат, в которой и задаётся координаты костей-потомков. Координаты же родительской кости определяются абсолютными, или глобальными, координатами. Тем не менее, зачастую (например, при построении вершин модели) необходимо знать преобразование кости относительно системы координат модели (родительской кости). Для этого предположим, что скелет содержит две кости:  $b_0$  и  $b_1$  (рисунок 11).



## Рисунок 11. Пример костей

Пусть кости  $b_i$  соответствует перенос, задаваемый вектором  $p_i$  и поворот, задаваемый кватернионом  $q_i (i = 0, 1)$ . Поскольку кость  $b_0$  является родительской, то для неё параметры  $q_0$  и  $p_0$  задают ее преобразование относительно глобальной системы координат.

Для кости-потомка  $b_i$  это уже не так - задаваемое ей преобразование является на самом деле суперпозицией двух преобразований - её собственного  $(q_1, p_1)$  и родительского  $(q_0, p_0)$ .

Легко убедиться что преобразование, задаваемое костью  $b_1$  относительно глобальной системы координат  $(q_1, p_1)$  определяется следующим образом:

$$q_1^* = q_0 \times q_1,$$

$$p_1^* = p_0 + q_0(p_1). \quad (2)$$

Тем самым с каждой костью можно связать два преобразования - одно относительно родительской кости, а другое - относительно глобальной системы координат, последнее преобразование иногда называется абсолютным. Каждое из них можно выразить при помощи матрицы размерности  $4 \times 4$ . Применяются они в различных случаях: так, при построении вершин по скелету удобнее пользоваться абсолютными преобразованиями для каждой кости, а вот для задания анимации лучше воспользоваться относительными преобразованиями - они позволяют рассматривать интересующую нас кость отдельно от остальных.

Таким образом, можно выделить ещё одно преимущество скелетной анимации - она требует значительно меньше данных для воспроизведения. Поскольку иерархия костей остается неизменной во время анимации, для каждой кости скелета на каждом ключевом кадре достаточно указать всего шесть чисел: три для определения перемещения и три для определения поворота. В сравнении с количеством вершин модели, количество костей заметно меньше, что приводит к сокращению объема данных, необходимых для сохранения анимации.

Однако, встаёт вопрос о том, как именно (в каких местах) необходимо создавать кости. На основе опыта в этой области можно утверждать, что структура сочленений виртуального скелета даже внешне очень похожа на структуру скелета у человека [32][33][34]. От сложности, уровня проработанности виртуального скелета напрямую зависит, насколько модель будет гибкой, и насколько качественной получится анимация. Тем не менее, при большом количестве костей работа с моделью значительно усложняется.

Для анимации модели человека оптимальным вариантом является использование виртуального скелета, который упрощенно отражает структуру реального скелета. При создании "костей" следует ориентироваться на этот виртуальный скелет, чтобы расположение сочленений соответствовало

гибким участкам фигуры, таким как колени, локти и другие суставы. Необходимости создавать ребра или отображать каждый позвонок на позвоночнике нет, однако спина должна быть разделена на несколько сегментов, чтобы обеспечить гибкость фигуры.

Наибольшее количество "костей", необходимо задавать для рук - а точнее, пальцев. Здесь структура виртуальных костей должна быть в наибольшей степени похожа на структуру костей в реальных руках, чтобы пальцы сгибались там и так, как им полагается, иначе качественного показа жестов добиться не удастся. Длина их также должна обладать реалистичными пропорциями, поскольку реально фаланги пальцев у человека имеют различную длину. Пример выстроенного скелета для используемой модели приведён на рисунке 10-11.

После этого для костей (отдельных или целых групп) необходимо задать значения трансформации, в том числе возможных углов поворота и вращения (например, чтобы пальцы не гнулись в невозможных направлениях) (рисунок 12).

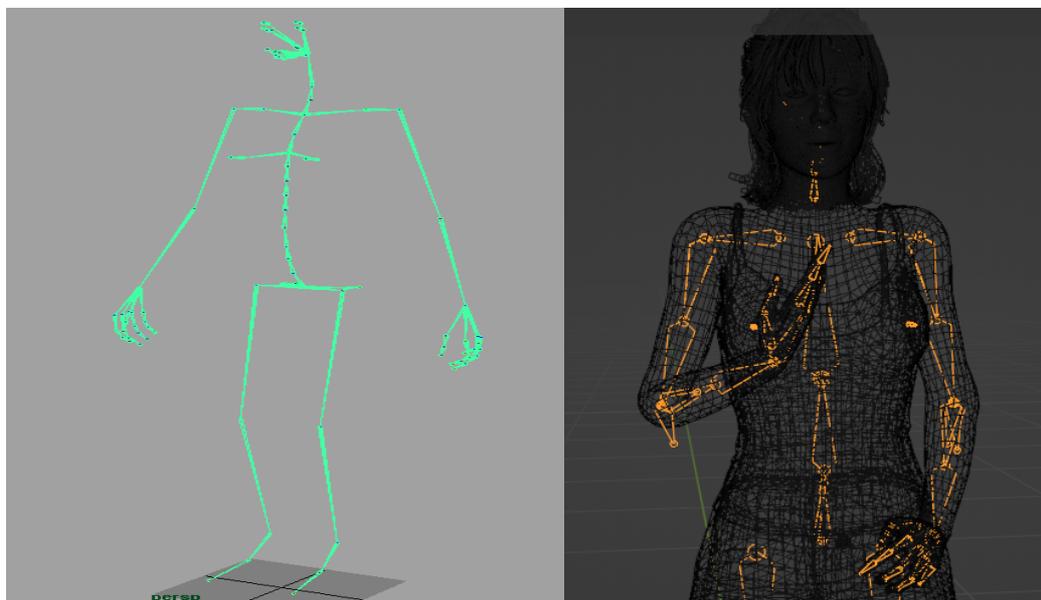


Рисунок 12. Выстроенный скелет

Примечание - составлено автором на основе источника [35]

Необходимо также упомянуть, что виртуальная кость может соответствовать не только реальным костям, но и играть вспомогательную роль – так, моргание можно имитировать, используя специальную “ресничную кость”, а изменение формы губ также можно реализовать, используя набор “губных костей”. Связано это с тем, что графические движки поддерживают скелетную анимацию, однако не рассчитаны на расчёт поведения одежды, мышц и других вычислительно сложных процедур, поскольку вынуждены работать в реальном времени.[32][35]

## 2.4 Захват движений

Захват движения жестов рук относится к процессу захвата и отслеживания движений и жестов рук с использованием технологии захвата движения. Эта технология включает в себя использование специальных датчиков или камер для записи положения, ориентации и движения суставов рук и пальцев.

Захват движения жестов рук широко используется в различных областях, включая анимацию, виртуальную реальность, робототехнику и распознавание языка жестов. Точно фиксируя сложные движения рук, он обеспечивает реалистичную и естественную анимацию рук и взаимодействие в виртуальной среде(рисунок 13).[16][31]



Рисунок 13. Датчики для захвата движения рук и верхней части тела

В контексте языка жестов особенно важен захват движений рук. Это позволяет захватывать и анализировать определенные конфигурации рук, движения и траектории, используемые при общении на языке жестов. Эти данные можно использовать для разработки систем распознавания языка жестов, создания анимированных аватаров для интерпретации языка жестов, а также для поддержки исследований и образования в области языка жестов.

Захваченные данные о жестах рук можно обрабатывать и анализировать для извлечения значимых признаков и шаблонов, которые затем можно использовать в алгоритмах машинного обучения или методах компьютерного зрения для распознавания и интерпретации жестов.

iClone Live Face - это система захвата движения лица, разработанная Reallusion как часть их программного пакета iClone. Это позволяет пользователям захватывать и анимировать выражения лица в режиме реального времени, оживляя виртуальных персонажей реалистичными движениями лица.

Используя совместимое устройство слежения за лицом, такое как веб-камера или датчик глубины, iClone Live Face отслеживает движения лица пользователя и переводит их в анимацию лица в реальном времени для 3D-персонажей. Он фиксирует широкий спектр выражений лица, включая движение бровей, моргание, форму рта и повороты головы.[31]

С помощью iClone Live Face пользователи могут контролировать лицевую анимацию своих виртуальных персонажей и манипулировать ею с помощью собственных движений лица. Это обеспечивает интуитивно понятное и естественное взаимодействие с персонажами, что делает его идеальным для таких приложений, как анимация персонажей, опыт виртуальной реальности, разработка игр и производство фильмов(рисунок 14). [31]

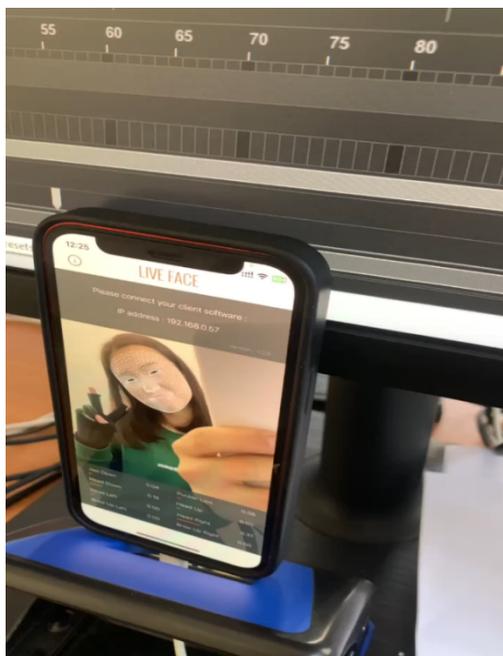


Рисунок 14. iClone Live Face

Система обеспечивает обратную связь в режиме реального времени и визуализацию захваченных выражений лица, позволяя пользователям мгновенно видеть влияние их движений на виртуальных персонажей. Он также поддерживает настройку и тонкую настройку лицевой анимации с помощью обширного набора инструментов и параметров.[31][37]

В целом, технология захвата жестов рук является ценным инструментом для захвата и понимания сложных движений и жестов рук, облегчая приложения в различных областях, включая общение и взаимодействие на языке жестов. iClone Live Face позволяет с легкостью создавать

высококачественные лицевые анимации, повышая реалистичность и выразительность своих виртуальных персонажей.

## 2.5 Создание жестового словаря

Создание анимированного словаря жестов включает в себя процесс записи и документирования жестовых движений, используемых для передачи определенных слов, выражений или понятий в жестовых языках (рисунок 15).

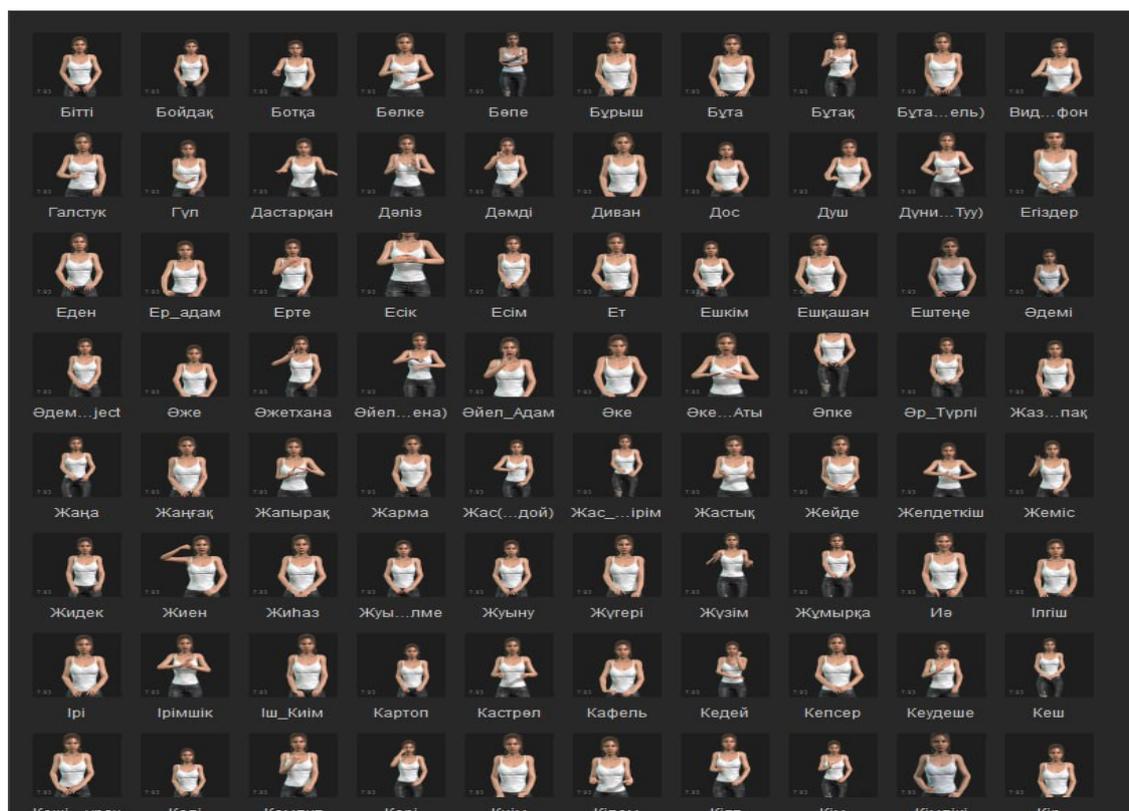


Рисунок 15. Словарь анимированного

Для создания анимированного словаря были использованы программное обеспечение такие как IClone 7, Blender, Live Face, mocap.

Захват жестов осуществляется с помощью Neuron восприятия, состоящий из датчиков, размещенных на разных частях тела, и приемника, который собирает данные и отправляет их на компьютер, после данные после захвата жестов экспортируется в IClone. Для визуализации используется 3D-модель персонажа, после анимации каждого жеста создается словарь жестов, который включает список жестов и соответствующую анимацию.

### **3 Связанные исследования для решения проблемы**

Машинный перевод (МТ) на язык жестов - это новая область, которая направлена на предоставление услуг автоматического перевода между языками жестов и письменными/разговорными языками.

Разработка системы машинного перевода (МТ) для жестового языка ставит уникальные задачи по сравнению с разговорным языком. Языки жестов визуальны и пространственны по своей природе и основаны на жестах рук, мимике и языке тела. Следовательно, система машинного перевода для языка жестов должна быть способна точно распознавать и переводить эти визуальные сигналы.

Было предпринято несколько попыток разработать системы машинного перевода для жестового языка. Один из подходов состоит в том, чтобы использовать методы компьютерного зрения для отслеживания движений рук подписывающего, а затем использовать методы обработки естественного языка (NLP) для перевода знаков в письменный или устный язык.

Другой подход заключается в разработке базы данных подписанных фраз и их соответствующих переводов. Эту базу данных можно использовать для обучения алгоритма машинного обучения распознаванию и переводу новых знаков. Однако создание такой базы данных может быть дорогостоящим и трудоемким.[36][39]

Одной из основных проблем при разработке системы машинного перевода для жестового языка является отсутствие стандартизации жестовых языков. В разных странах и регионах используются разные языки жестов, и даже в пределах одного языка жестов могут быть различия в жестах и жестях.

Машинный перевод (МТ) на языке жестов обычно включает использование камер или датчиков для захвата жестов на языке жестов, которые затем обрабатываются и переводятся в письменный или устный язык с использованием методов искусственного интеллекта и обработки естественного языка. Некоторые системы машинного перевода также включают технологию распознавания речи, обеспечивающую двустороннюю связь между пользователями языка жестов и теми, кто не понимает язык жестов.

Хотя машинный перевод на языке жестов все еще находится в зачаточном состоянии, он может революционизировать способ, с помощью которого глухие и слабослышащие люди получают доступ к информации и общаются с другими. Тем не менее, технология по-прежнему сталкивается со многими проблемами, включая необходимость точного и надежного распознавания жестов, а также способность улавливать нюансы и сложности грамматики и синтаксиса языка жестов.

#### **3.1 Особенности Жестового Языка**

Языки жестов - это естественные, полноценные языки со своими уникальными особенностями и структурами. Вот некоторые ключевые особенности языков жестов:

**Ручное общение:** Языки жестов используют ручное общение, что означает, что они выражаются с помощью движений рук, а также мимики и языка тела. Подписывающие используют комбинацию рукопожатий, движений и положений, чтобы передать смысл.

**Неручные маркеры.** Неручные маркеры - это выражения лица, язык тела и другие невербальные сигналы, которые используются в жестовых языках для передачи грамматической информации. Эти маркеры могут указывать на время, вид, наклонение и отрицание.

**Визуально-пространственная коммуникация:** языки жестов являются визуально-пространственными языками, что означает, что они полагаются на визуальную информацию и пространственные отношения между знаками для передачи смысла. Подписывающие используют пробел, чтобы указать отношения между различными понятиями.

**Иконичность:** языки жестов используют иконичность, что означает, что знаки часто напоминают понятия, которые они представляют. Например, знак «птица» на американском языке жестов (ASL) создается путем соединения большого и указательного пальцев, образуя клюв.

**Грамматика:** жестовые языки имеют свои собственные уникальные грамматические системы, которые отличаются от разговорных языков. Например, в ASL используется порядок слов субъект-глагол-объект (SVO), а в британском языке жестов (BSL) используется порядок слов субъект-объект-глагол (SOV).[25][18]

**Региональные различия:** жестовые языки могут иметь региональные различия, как и разговорные языки. Например, ASL, используемый в Соединенных Штатах, отличается от ASL, используемого в других странах, таких как Канада или Мексика.[36][43]

В целом языки жестов, это богатые и сложные языки со своими уникальными структурами и особенностями. Они не универсальны и различаются от страны к стране, как и разговорные языки.

## **3.2 Грамматика Казахского Языка Жестов**

Казахский язык жестов (КЖЯ) - это язык жестов, используемый сообществом глухих в Казахстане. Как и любой язык, КЖЯ имеет свои правила грамматики, отличные от правил разговорных языков. Вот некоторые основные грамматические правила КЖЯ:

**Порядок слов:** казахский язык жестов (КЖЯ) порядок слов субъект-объект-глагол (SOV), что означает, что за субъектом следует объект, а затем

глагол. Например, предложение: «Я иду в школу» будет подписано как «Я школа иду» (рисунок 16).

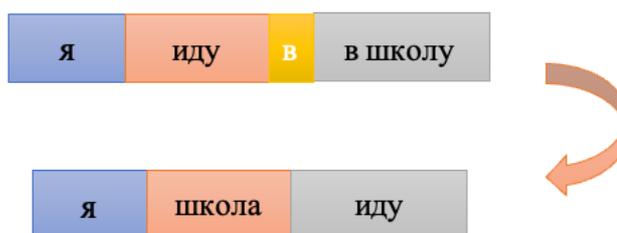


Рисунок 16. Структура порядок слов КЖЯ

Отрицание: для обозначения отрицания в (КЖЯ) перед глаголом добавляется знак «не». Например, предложение: «Я не голоден» будет подписано как «Не голоден я» (рисунок 16.1).



Рисунок 16.1. Структура порядок слов КЖЯ

Формирование вопроса: В КЖЯ вопросы формируются поднятием бровей и легким наклоном головы вперед. Порядок слов остается таким же, как в предложении. Например, предложение: «Ты любишь пиццу» будет подписано как «Тебе нравится пицца» (рисунок 16.2).

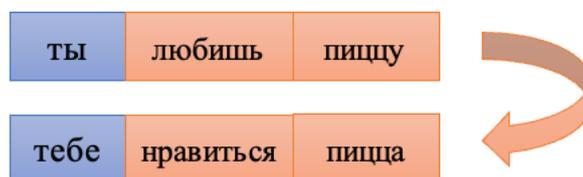


Рисунок 16.2. Структура порядок слов КЖЯ

Но если оно задано как вопрос, оно будет подписано как: «Пицца тебе нравится?» (рисунок 16.3).



Рисунок 16.3. Структура порядок слов КЖЯ

**Существительные:** в КЖЯ существительные подписаны классификатором, указывающим на форму, размер или тип объекта. Например, классификатор для длинного тонкого объекта будет использоваться для ручки, а классификатор для круглого объекта будет использоваться для мяча.

**Прилагательные:** Прилагательные в КЖЯ обычно пишутся после существительного. Например, предложение: «Синяя машина» будет подписано аналогично как «Синяя машина» (рисунок 16.3).



Рисунок 16.3. Структура порядок слов КЖЯ

**Время:** в КЖЯ нет отдельных знаков для прошедшего, настоящего или будущего времени. Вместо этого время указывается контекстом или добавлением знака времени. Например, предложение «Завтра я буду обедать» будет подписано как «Завтра обед я съем» (рисунок 16.4).



Рисунок 16.4. Структура порядок слов КЖЯ

**Местоимения:** Местоимения в КЖЯ обозначаются указательными знаками. Например, «я» будет подписываться, указывая на себя, а «вы» будет подписываться, указывая на человека, к которому обращаются.[24]

**Направленность:** КЖЯ использует направленность, чтобы показать пространственные отношения между объектами или действиями. Подписывающий использует определенные формы рук и движения, чтобы указать расположение субъекта, объекта и глагола по отношению друг к другу.

Неручные маркеры: неручные маркеры - это выражения лица и язык тела, которые передают грамматическую информацию в КЖЯ. Эти маркеры могут указывать на время, вид, наклонение и отрицание. Например, поднятие бровей и наклон головы вперед может указывать на вопрос.[24][18][25]

Важно отметить, что грамматические правила КЖЯ могут незначительно отличаться в зависимости от региона или сообщества, использующего язык. В целом, КЖЯ имеет сложную систему грамматики, которая обеспечивает богатую коммуникацию между подписантами. Как и в случае с любым другим языком, овладение грамматикой КЖЯ требует времени и практики.

В настоящее время казахский жестовый язык развивается в Казахстане, но грамматика казахского жестового языка еще не изучена. Однако многие пользуются грамматикой русского языка и используют ее в повседневной жизни.

### **3.3 Проблематика**

Порядок слов является одним из наиболее важных аспектов грамматика любого разговорного языка. Разговорные языки линейны в смысле в том, что слова следуют друг за другом и не могут произноситься одновременно. Поэтому из-за ограничений речевого аппарата слова всегда упорядочены в последовательности, и языки могут использовать этот порядок для выразить грамматические значения.[25]

Языки жестов (ЯЖ) отличаются от разговорных языков в этом отношении: они не полностью линейны. Благодаря наличию двух одинаковых артикуляторов, двух рук, один жест может производиться одновременно с другим жестом, не давая последовательного порядка двух.

Следовательно, в случае жестовых языков нельзя сказать априори, играет ли порядок слов аналогичную роль в их грамматике. Это важный исследовательский вопрос. Если порядок слов играет роль, последующий вопрос заключается в том, являются ли языки жестов и разговорная речь языки используют порядок слов как грамматический механизм аналогичным образом или существуют ли модально-специфические свойства порядка слов в жестовые языки.[24]

Имея в виду такие вопросы, обратить особое внимание на надежную методику, чтобы исследовать порядок основных составляющих (субъект (S), объект (O) и глагол (V) простых повествовательных предложений в казахском жестовом языке (КЖЯ) и обсудить возможность определения основного порядка слов в этом языке.

### **3.4 Порядок слов в жестовом и разговорном языках**

В некоторых языках порядок слов относительно жесткий; то есть только одно слово порядок грамматический, и исключения из него очень четко обозначены. Примером языка с жестким порядком слов является английский, в большинстве случаев разрешает только субъект-(S)-глагол-(V)-объект-(O). Другой такие языки, как казахский, гораздо более гибки в этом отношении. Тем не менее, даже для языков с гибким порядком слов часто предполагается, что один из возможных порядков является более основным.

Порядок слов может быть определен многими факторами, которые можно условно разделить на несколько категорий:

1. Морфосинтаксические факторы - это связанные с грамматической структурой предложения факторы, такие как падеж, время, спряжение глаголов, причастия и др. Например, в казахском языке порядок слов может изменяться в зависимости от контекста и ударения.
2. Семантические факторы - это связанные с значением слов факторы, такие как тема и фокус предложения, логическое ударение и др. Например, в предложении "Собака укусила мальчика" фокусом может быть как собака, так и мальчик, что может определять порядок слов.
3. Прагматические факторы - это связанные с общей целью коммуникации факторы, такие как коммуникативная ситуация, статус собеседников, эмоциональный окрас выражения и др. Например, в формальной обстановке порядок слов может быть более строгим и формальным, чем в неформальной обстановке.
4. Специфическая модальность - это факторы, связанные с особенностями жестового языка, такие как пространственная ориентация, направление движения и др. Например, в жестовом языке некоторые жесты могут быть выполнены только в определенном направлении или в определенном положении относительно тела говорящего.[25][18][24]

Морфосинтаксические факторы, влияющие на порядок слов во многих жестовых языках (ЖЯ) - это актуализация, класс глаголов, классификаторы и аспектуальная маркировка. порядок слов, выведенный топизацией, заведомо неосновной (согласно критериям выводимости и морфологической выраженности). Для нескольких жестовых языков (ЖЯ), таких как американский жестовой язык (ASL), было обнаружено, что простые глаголы используют порядок SVO, тогда как согласующиеся глаголы используют порядок SOV. Классификатор конструкции явно морфологически сложны, поэтому согласно критерию морфологической выраженности их положение не отражает основной порядок слов. Во многих жестовых языках (ЖЯ) глаголы, помеченные аспектом, пункт окончательный. По критериям морфологической выраженности и, вероятно, простота, положение глаголов, отмеченное для вида тоже не принципиально[25]

Двумя семантическими факторами, описанными для многих жестовых языков (ЖЯ), являются обратимость и одушевление. В обратимых ситуациях оба участника в принципе могут быть агент и пациент, тогда как в

необратимых ситуациях только один из участников может быть агентом. По критерию двусмысленных предложений порядок, используемый в обратимых предложениях, вероятно, является основным. Во многих жестовых языках (ЖЯ) одушевленные аргументы предшествуют неодушевленным, не ясно как оживление аргументов относится к вопросу об основном порядке слов.[25]

Прагматические факторы также могут влиять на порядок слов в жестовом языке, такие как коммуникативная цель, уровень формальности, эмоциональный окрас, культурные нормы и уровень знания языка. Эти и другие прагматические факторы могут оказывать влияние на порядок слов в жестовом языке, что может усложнить его понимание и усложнить его изучение.[25]

Специфические для модальности факторы, влияющие на порядок слов, включают одновременность и порядок слов в местных предложениях. Как упоминалось ранее, порядок слов может меняться в зависимости от того, какие события происходят одновременно и как они связаны между собой. Например, если два действия происходят одновременно, то жестовый язык может использовать более сложный порядок слов, чтобы передать эту связь. Это делает понятие «порядок слов» неприменимым. При локативных предложениях модальность играет значительную роль в определении порядка слов. Локативные предложения - это предложения, которые описывают место расположения предмета или человека. В локативных предложениях используются слова, которые обозначают место, например, "на", "в", "под", "над", "за", "перед" и т.д.[25]

Наиболее типичный порядок в локативных предложениях - OSV, но SOV и OVS также возможны во многих жестовых языках.

1. ‘Үстел кітап CL үстінде тұр. (SOV порядок)
2. ‘Үстел үстінде кітап тұр. (OSV порядок)

Как упоминалось ранее, в жестовом языке порядок слов в локативных предложениях, как правило, одинаков, в то время как в других типах предложений засвидетельствован другой порядок слов. Второй, Местные предложения внутренне привязаны к пространству: объекты расположены в знаковом пространстве, а локативные отношения иконически представлены пространственные отношения в пространстве знаков. Таким образом, визуальная модальность играет важную роль.[25]

Таким образом, было установлено, что ряд факторов может влиять на порядок слов в жестовом языке (ЖЯ). Большинство факторов (например, морфологические маркированность, прагматическая нейтральность) связаны с выработанными критериями для разговорных языков. Однако некоторые из них специфичны для модальности. Поскольку прагматика не была предметом исследования из-за сложности и требуемого отдельного исследования, наша задача проанализировать порядок слов в казахский жестовой язык (КЖЯ) с точки зрения синтаксиса/семантики субъекта, объекта и глагола.

### 3.5 Лексический Состав Кжр

Калькирующая жестовая речь - это явление, когда жестовая речь одного языка заимствуется другим языком жестовой речи, без изменения значения или формы жеста. Таким образом, лексический состав калькирующей жестовой речи зависит от языка жестовой речи, из которого были заимствованы жесты.

Проанализируем лексический состав КЖР. В лексике КЖР отчетливо выделяются два основных класса жестов. Первый из них - жесты, заимствованные из разговорного жестового языка; эти жесты используются РЖР и КЖР. Второй класс - жесты, принадлежащие только калькирующей жестовой речи; в РЖР таких жестов нет. В состав лексических единиц второго класса входят три подкласса: собственно жесты; слова русского языка, воспроизводимые при помощи дактильной азбуки - дактильные слова; лексемы, содержащие жест и несколько дактилем. [24]

Примеры жестов первого класса: школа, автобус, улица и др.

Жесты первого подкласса второго класса: интеграл, политика;

Второй подкласс представлен, например, дактильными словами:

н-а-н-о-т-е-х-н-о-л-о-г-и-я, п-р-о-ц-е-с-с-о-р и др.;

Третий подкласс - лексическими единицами: к-а-б + комната («кабинет») з-а + сухо («засуха»), к-а-б + КОМНАТА (КАБИНЕТ) и др.

КЖР и РЖР усваиваются детьми с нарушениями слуха в разных условиях, у каждой из них свои функции в общении. Вначале глухой ребенок, воспитывающийся в семье глухих родителей, овладевает жестовой речью и начинает широко пользоваться ею в общении. По мере изучения казахского языка ребенок постигает и калькирующую жестовую речь. Соответственно, что основные жесты приходят в КЖР из РЖЯ и образуют самый большой и устойчивый лексический класс КЖР. Но жестов, заимствованных из РЖЯ, не хватает для успешного выполнения ее функций. КЖР, в отличие от РЖР, используется в официальной обстановке - на собраниях, конференциях и т. д. В таких условиях возникает потребность выразить значения многих общественно-политических, научных и других терминов, которыми пользуются выступающие (ведь КЖР сопровождает устную речь). А в РЖЯ - языке непринужденного, неофициального общения нужных жестов зачастую просто нет. [24][18]

Лексический состав КЖР схематически может быть представлен таким образом (рисунок 17):



Рисунок 17. Лексический состав калькирующей жестовой речи (КЖР)

Если какая-либо речевая система испытывает потребность в средствах выражения, они возникают спонтанно или создаются специально. Достаточно часто творцами новых выразительных средств наряду с глухими становятся сурдопедагоги, переводчики. А пока жест не появился, в жестовое сопровождение устной речи включается дактильное слово. В ряде случаев жесты вообще не появляются. Так, в КЖР нет жестов, обозначающих многие имена собственные, очень редко используемые в разговоре, скажем, «Державин», «Шри-Ланка» и т. п. Такие слова дактилируются всегда и, следовательно, являются неотъемлемой частью лексического состава КЖР (второй подкласс). В других случаях используется уже готовый жест, к которому присоединяются одна или несколько дактилем, то есть формируется третий подкласс лексики КЖР.[24]

Второй класс лексических единиц КЖР принципиально открыт и способен легко принимать жесты-неологизмы. Достаточно часто новые выразительные средства КЖР, по мере расширения сферы их использования, перемещаются из одного подкласса в другой, а иногда даже переходят в первый класс, то есть становятся принадлежностью и калькирующей жестовой речи, и РЖЯ. Проследим, например, судьбу жеста ПЕРЕСТРОЙКА.

Некоторые жесты могут быть универсальными и использоваться во многих языках жестовой речи, в то время как другие могут быть уникальными для конкретного языка жестовой речи. Однако, калькирующая жестовая речь может также включать в себя жесты из различных языков жестовой речи, таких как американский жестовой язык, британский жестовой язык, российский жестовой язык и т.д. Таким образом, лексический состав калькирующей жестовой речи может быть очень разнообразным и зависит от языка жестовой речи, из которого заимствованы жесты.[25]

У жестового языка своя лингвистическая структура, отличная от структуры словесного языка. Часто жестовый язык ошибочно отождествляют с калькирующей жестовой речью (КЖР), более точным является пример такого термина, как "словесная речь с жестовым сопровождением". Надо отметить, что сами глухие общаются между собой чаще всего на смеси ЖЯ и КЖР. В чистом виде ЖЯ или КЖР редко встречаются в разговорах глухих между собой. Обычно это смесь, с перевесом в ту или иную сторону (в сторону ЖЯ или КЖР).[24][25][18]

Таким образом, мысли в КЖР передаются на словесном языке и поддерживаются жестами для их более лучшего распознавания.

### **3.6 Лингвистическая Типология Жестового Языка**

Жестовые языки имеют свою собственную грамматику и типологию, которые отличаются от грамматики и типологии знаковых языков. В жестовых языках порядок жестов играет особую роль в выражении значения. Например, в английском языке словосочетание "the black cat" и "the cat black" будут иметь одно и то же значение, но в жестовых языках эти два словосочетания могут иметь различное значение в зависимости от порядка жестов.

Кроме порядка жестов, в жестовых языках также используются другие грамматические приемы, такие как мимика, позы тела, направление движения и прочее. Например, движение жестов может выражать временную последовательность действий, а мимика может передавать эмоциональный окрас сообщения.

В лингвистике существует классификация языков на основе типологии порядка слов в предложении. [21] Она основывается на порядке, в котором подлежащее (subject), сказуемое (verb) и прямое дополнение (object) стоят в предложении. Согласно данной классификации существует 6 возможных типов языков:

- SVO — Subject Verb Object
- SOV — Subject Object Verb
- VSO — Verb Subject Object
- VOS — Verb Object Subject
- OSV — Object Subject Verb

- OVS — Object Verb Subject

Казахский язык относится к типологии SOV, в русском относится к типологии SVO. Это значит, что в абсолютном большинстве предложений казахского языка подлежащее и дополнение будут связаны со сказуемым справа, а сказуемое будет связано и с подлежащим, и с дополнением слева. Расстояние связи между парой подлежащее-сказуемое будет больше, чем расстояние между парой дополнение-сказуемое.

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| • Кошка пьёт молоко. (SVO) | • Мысық сүт ішеді. (SOV) |
| • Кошка молоко пьёт. (SOV) | • Мысық ішеді сүт. (SVO) |
| • Пьёт молоко кошка. (VOS) | • Ішеді сүт мысық. (VOS) |
| • Пьёт кошка молоко. (VSO) | • Ішеді мысық сүт. (VSO) |
| • Молоко пьёт кошка. (OVS) | • Сүт ішеді мысық. (OVS) |
| • Молоко кошка пьёт. (OSV) | • Сүт мысық ішеді. (OSV) |

Таким образом, в лингвистической типологии жестовых языков порядок жестов играет важную роль, но это не единственное отличие от знаковых языков.

### 3.7 Синтаксис

В казахском языке основной порядок слов - SOV (подлежащее - сказуемое – дополнение), благодаря гибкости казахской грамматики, порядок слов может изменяться в зависимости от контекста и ударения.

В настоящих жестовых языках из-за внутренней природы жеста естественным образом складывается синтаксис, отличный от синтаксиса звуковых языков. Поскольку у любого жеста четыре компонента, которые человек использует одновременно и меняет отдельно друг от друга, взаимодействие жестов внутри реплики может довольно сильно отличаться от того, к которому мы привыкли на примере фонем устной речи. Иногда слова не следуют последовательно друг за другом, а используются одновременно, сливаясь в единый элемент. Несмотря на свою нелинейность, жестовые языки хорошо вписываются в типологические системы, которые используют для языков звуковых.[25] Например, с точки зрения типологии базового порядка слов при построении фраз звуковые языки можно разделить на несколько групп. Так, в большинстве европейских звуковых языков подлежащее (subject, S), сказуемое (verb, V) и дополнение (object, O) чаще идут в последовательности SVO, а, например, в японском — SOV. Жестовые языки тоже можно разделить по этому принципу, и в них чаще встречается порядок SOV, как в японском. Внизу представлен письменный казахский текст рисунок 18 и перевод на жестовый язык в рисунке 19.

Зал аяқ жағында қарт әйел отыр жылынып. Қара киім. Арық. Бүкірейген. Түйіншегі қасында. Тамақ жоқ, күні бойы түйіншекті ашатын еді. Кеш батты. Адамдар чемодандарын ыңғайлап қойып, дайындалып жатыр түнеуге. Ал Қарт әйел қимылдайды. Жоқ, ол ұйықтаған жоқ. Көзі ашық, бірақ ол айналада не болып жатыр, мән бермейді. Ол жалбарынып, шоқынып, саусақ пен ернін ақырын қимылдатады.

Вокзал түні ұзақ өтті. Таңертең ол отырды үнсіз және қайғырып отырды. Түсте келіншек бірге екі, үш жасар балалары келді. Бір кішкентай бала қарт әйелдің қара пальто етегіне қолын аяқ асты (случайно) тигізді. Қарт әйел басын көтерді, бұл әлемді (как) бірінші рет көрген сияқты таңғалды. Қарт әйел баланың шашын нәзіктікпен сипады, оның көздері күлімдеп, өмірге қайта келгендей. Келіншек баласының мұрнын сұрткісі келді, жақындады, қарт әйелді көрді, сұрады «Мамо, сіз кімді күтіп отырсыз? Нешеде пойызыңыз?»

Қарт әйел түсінбей қалды. Айтты «Қызым, пойызым жоқ», төмен еңкейді.

Келіншек піскен картоп берді, айтты «Мамо, айтыңызшы, не болды? Мамо, тамақ ішесіз бе? Алыңыз»

Қарт әйелдің тамағына өксік тұрып қалды. Кенеттен, уайымдап сыртқа шығып, айқайлады «Жасаған ием! Кешір оны!», бетін қолымен жапты. Адамдар оған қарады. Ол бастады жалынып, жылады «Ұлым, ұлым... қымбаттым, келді... тастап кетті...»

Қарт әйел шоқынды, деді «Күнәһарды кешіре гөр». Болған тарих сөйлеуге, жылауға күш болмады.

Келіншек айқайлап айтты «Балалар, әженің қасында тұрындар», жүгірді кассаға. Келіншек айқайлады «Мейірбан адамдар! Көмектесіндер! Маған билет керек!». Кемпірді алып кету керек, аяқ жағын көрсетіп «Ол менің анам, менің пойызым кетеді»

Қашан олар пойызға отырғанда, адамдар жылады, шығарып салды. Келіншек қуанды, балаларына деді «Міне, мен анамды таптым, сендер әжені таптындар». Келіншек бір қолымен сүйді кемпірді, екінші қолымен балалар, сөмке ұстады.

Мен қарадым, Құдайға рақмет айттым үшін (за эту встречу) осы кездесу. Айтамын (рассказываю), бірнеше жыл бұрын жер Курган қаласында вокзалда осы тарихты айттым, адамдар сенбеді «Қалай (за) бірнеше минутта өзі үшін маңызды шешім қабылдау болады? Қалай?»

Олар пойызға отыруға кетіп бара жатқанда, бүкіл вокзал оларды көздеріне жас алып шығарып салды.

«Міне, балапандарым, мен анамды таптым, ал сендер әжелеріңді таптындар», – деді, қуаныштан жүзі жарқыраған ана балаларына.

Келіншек бір қолымен кемпірді сүйеп, екінші қолымен балалары мен сөмкелерін ұстап алды.

Мен, оларға қарап, осы кездесу үшін Құдайға ризашылығымды білдірдім. Айта кетерлік жайт, мен бірнеше жыл бұрын Курган қаласының вокзалында болған осы жағдай туралы айтқанда, адамдар осылайша бірнеше минутта өзі үшін осындай

маңызды шешім қабылдауға болатынына сенбейтін кейіп танытты.

Рисунок 18. Оригинальный текст на казахском языке

Күту залының аяқ жағында бір қарт әйел жылынып отыр. Киген киімі қара. Арық. Бүкірейген. Қасында түйіншегі жатыр. Онда тамақ жоқ, олай болса, кемпір тәулік бойы оны бір ашатын еді. Кеш батты. Адамдар түнеуге дайындалып, чемодандарын қастарына ыңғайлап, қойып жатты.

Ал қарт әйел болса, қимылдамайды. Жоқ, ол ұйықтаған жоқ. Оның көзі ашық, бірақ ол айналасында болып жатқанды көрмейді. Ол ішіндегі өксікті қысқандай, оның кішкентай иықтары дірілдейді. Ол өзінің құпия жалбарынуымен біреуді шоқындырғандай, саусақтары мен еріндерін ақырын ғана қимылдатады.

Ұзақ түнгі вокзал түні өтті. Таңертең ол бұрынғыша үнсіз және қатты қажыған күйінде отырды.

Түске қарай оның қасына екі және үш жасар балалары бар келіншек келіп орналасты. Балалардың бірі оның қара пальтосының етегіне қолын тигізді. Кемпір басын көтеріп, бұл әлемді бірінші рет көріп тұрғандай, таңғалып қарады. Бұл оны өмірге қайта оралтты, оның көздері күлімдеп, жымыды, ал қолы баланың шашын асқан бір нәзіктікпен сипады. Әйел баласының мұрнын сүртейін деп, баласына жақындағанда, есікке қарап күтіп отырған қарт әйелдің көздерін көріп: «Мамо, ал сіз кімді күтіп отырсыз? Пойызыңыз нешеде?» – деп сұрады.

Бұл кемпір үшін күтпеген сұрақ еді. «Қызым, менің пойызым жоқ!» – деп, ол одан да төмен еңкейді.

«Мамо, айтыңызшы, сізге не болды?!

Мамо, тамақ ішкіңіз келе ме?

Алыңыз!» – деп, оған піскен картоп берді.

Оның тамағына өксік тұрып қалды... Кенеттен, оның ішіндегі қайғысы сыртқа шығып, кең вокзал кеңістігін толғандырды:

«Жасаған ием! Кешіре гөр оны!» – деп, ыңырсып, бүріскен ол, бетін қолымен жауып алды.

Ол теңселіп, жалынып, жалбарына бастады: «Ұлым, ұлым... Қымбаттым... Жалғызым... Жазғы күнім менің ... Балапаным... Әкеліп... Тастап кетті...».

Кәрі әйел үндемей отырып, шоқынды да: «Құдайым! Күнәһарды кешіре гөр» – деді. Басындағы қайғысынан оның енді не сөйлеуге, не жылауға күші жоқ еді.

«Балалар, әженің қасынан кетпей тұра тұрындар», – деп айқайлап, келіншек кассаға қарай жүгірді.

«Мейірбан жандар! Көмектесіңдер! Маған билет керек! Ол залдың аяқ жағын көрсетіп, ана кемпірді алып кету үшін. – Ол менің анам болады! Менің пойызым қазір жүреді!»

Рисунок 19. Переведенный в жестовый казахский язык

Таблица 1

## Пример правил преобразования полных предложений

Күту залының аяқ жағында бір қарт әйел жылынып отыр.	Зал аяқ жағында қарт әйел отыр жылынып.
VP: (Күт: VB, tv) NP: (зал: NN, gen аяқ: NN, nom жақ: NN, LOC NUM: (бір: CD ) қарт: NN, nom әйел: NN, nom)	NP: (Зал: NN nom Аяқ: NN nom Жақ: NN LOC Қарт: NN nom Әйел: NN nom)
VP(жылын: VB iv gna_perf отыр: vaux imp p2	VP (Отыр: vaux imp p2 Жылын: VB iv gna_perf>
Онда тамақ жоқ, олай болса, кемпір тәулік бойы оны бір ашатын еді.	Тамақ жоқ, күні бойы кемпір түйіншекті ашатын еді
NP: (Ол PRP dem тамақ NN nom жоқ JJ cm ол PRP dem) VP: (бол vaux prc_cond) NP: (кемпір NN nom тәулік NN nom ADP: (бойы ADP) NP: (оны NN acc) NUM: (бір CD) VP: (аш VB tv) еді cop ifi ) NP: ( PRP dem, NN nom , JJ cm , PRP dem) VP: (vaux, prc_cond) NP: (NN nom, NN nom) ADP NP: (NN acc) CD VP: (VB tv, cop ifi)	NP: (Тамақ NN nom) жоқ JJ cm) күн NN nom) ADP: (бойы ADP) NP: ( кемпір NN nom түйіншек NN acc) VP: (аш VB tv e cop ifi)
NP→VP→NP→ADP→NP→CD→VP	NP→ADP→NP→VP
Мен кетіп бара жатқанда	Қашан мен бара жатқанда
NP: ( мен PRP pers) VP: ( кет vaux gna_perf)	NP: ( Қашан<adv><itg>, мен PRP pers )

баp VB iv, жат vaux ger_past,LOC)	VP: ( баp VB iv, жат vaux ger_past LOC)
NP( PRP pers) VP( vaux gna_perf, VB iv, vaux ger_past LOC ) NP→VP	NP (<adv><itg>) VP( VB iv, vaux ger_past LOC) NP→VP

#### 4 Машинный перевод казахского жестового языка

Создание и использование параллельных корпусов представляется целесообразным как с практической точки зрения, так и с точки зрения развития корпусной лингвистики - это одно из наиболее перспективных лингвистических направлений. Корпус параллельных текстов может быть эффективно использован в различных лингвистических исследованиях сравнительного характера, а также в теории перевода, сравнительном

литературоведении, культурологии, автоматической обработке текстов. В данной работе нас в первую очередь интересуют лингвистические, в том числе лексикографические, аспекты использования параллельных корпусов.

Ссылаясь на корпус, создатели двуязычных словарей получают очень простой и эффективный способ сбора материала и эмпирической проверки своих гипотез относительно межъязыковой эквивалентности. Ценность этого инструмента определяется тем, что этап сбора материала по языкознанию требует наибольшего времени и наименьшего творчества, а корпус параллельных текстов значительно экономит время и силы на творческом этапе работы.

Традиционная сравнительная лексикология и двуязычная лексикография характеризуются своей направленностью на сравнение более или менее изолированных языковых структур. Отрицательным следствием такой направленности является недостаточный учет узус, т. е. особенностей синтаксического и гармонического поведения языковых единиц, не объясняемых их систематическими особенностями. Итак, в принципе известно, что та или иная структура одного языка может быть переведена на другой через ее стандартный эквивалент во всех контекстах.[25] В данном контексте L2 использует другие способы описания соответствующей ситуации. Кроме того, известно, что не существует продуктивных правил, по которым такие отклонения от «стандартной эквивалентности» могут быть выведены из каких-то общих принципов.

Единственный способ описать такие отклонения — аккуратно приложить их к реальному материалу. Только так можно создавать исчерпывающие сопоставительные описания и создавать словари, отвечающие современным требованиям.

Корпус параллельных текстов является наиболее полезным инструментом для этих задач. Конкретную языковую структуру, интересующую исследователя, можно обнаружить во всех представленных в корпусе контекстах с их переводами на соответствующий язык. Таким образом, исследователь получает набор реальных контекстов, представляющих интересующую его структуру в его естественной среде, а также различные варианты этой структуры в изучаемом языке. Поскольку эти эквиваленты встроены в естественные контексты, можно сделать вывод, что подбор эквивалентов зависит от типа контекста на основе материалов, полученных с помощью параллельного корпуса. Такие результаты всегда далеки от того, что можно получить из традиционных, «докорпусных» словарей, и потому нетривиальны.

Важным параметром, по которому языки могут отличаться друг от друга, является степень употребления тех или иных выражений. Таким образом, некоторое выражение языка L1 можно перевести на язык L2 с помощью совершенно корректного с точки зрения норм этого языка выражения с. Таким образом, выражения А и В эквивалентны в рамках соответствующей языковой системы. Однако их функциональная эквивалентность часто кажется неполной. В частности, одно из этих

выражений встречается в ситуации, когда оно встречается в родном языке гораздо чаще, чем его эквивалент в переводе. Такие ситуации лучше всего наблюдаются при сравнении оригинальных текстов с их переводами на другие языки.

Изучение какого-либо языкового явления на основе корпуса параллельных текстов (особенно если речь идет о языковых явлениях L2). Изучение этого явления на основе большого корпуса исходных текстов можно противопоставить по нескольким параметрам. Отличие оригинальных текстов от переводов заключается в объеме (миллионы слов оригинальных текстов, производимых ежедневно, в отличие от относительно небольшого количества текстов, переведенных с иностранных языков) и авторском характере (то есть степени оригинальности и творческой свободы) при создании текста), а также в культурном контексте (переведенные тексты обычно встроены в культуру исходного языка). Все эти факторы обеспечивают различия между оригинальным и переведенным текстами по ряду параметров.[38]

Между конкретными словами с близкими значениями (обычно считающимися эквивалентными) в разных языках нет совпадений. В основном это относится ко многим семантическим классам слов. Каждое конкретное слово имеет свои ограничения совместимости и предпочтения. Эта идея является одним из традиционных теоретических правил языкознания. Что нового в обращении к корпусам параллельных текстов для решения таких вопросов, так это возможность эмпирической проверки соответствующих гипотез на этом репрезентативном материале.

#### **4.1 Архитектура трансформера**

Трансформерная архитектура. Архитектура Transformer была представлена в выпуске Attention is All You Need и позволила значительно повысить производительность в задачах обработки естественного языка, таких как машинный перевод и генерация текста. Transformer использует механизмы внимания для эффективной обработки и изучения схем без использования рекуррентных нейронных сетей.

Архитектура преобразователя состоит из двух основных компонентов: кодера и декодера. И кодер, и декодер состоят из нескольких слоев, каждый из которых имеет две подсети: механизм внимания и полносвязную подсеть. Кодер используется для обработки входной цепи, а декодер используется для генерации выходной цепи (рисунок 20).

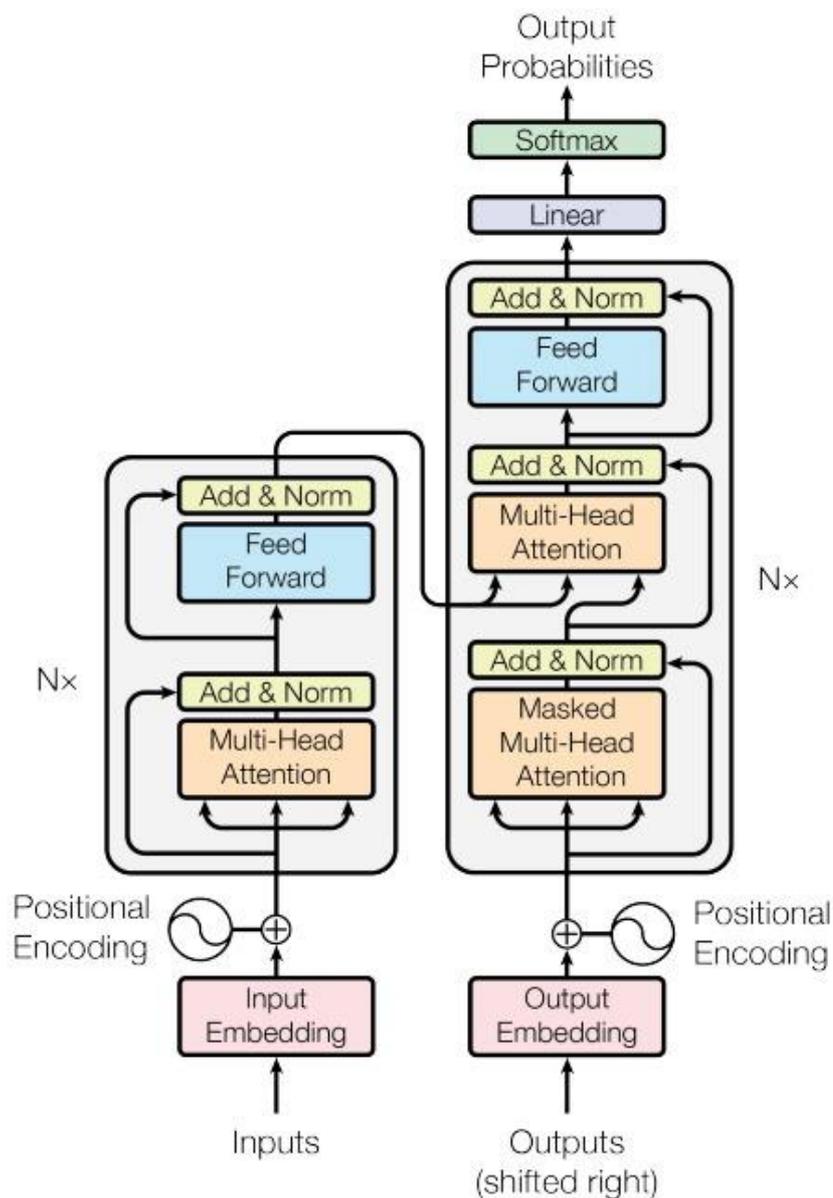


Рисунок 20. Архитектура трансформера

Примечание - составлено автором на основе источника [35]

Каждый уровень в кодере и декодере состоит из нескольких подуровней. Внутренние уровни в кодере и декодере имеют одинаковую архитектуру, но отличаются входными данными и механизмами внимания. Каждый подуровень содержит механизм внимания, использующий несколько головок и полностью связанную подсеть с нормализацией пакетов и функциональностью активации ReLU.

Механизм внимания Transformer позволяет моделировать зависимости между всеми парами элементов входной цепочки и создавать контекстное представление для каждого элемента. Это делается с помощью функции

внимания для каждой пары элементов в последовательности. Функция фокуса вычисляет веса для каждой пары элементов на основе их корреляции и использует эти веса для выполнения взвешенного суммирования значений.

Вместо использования рекуррентных сетей, которые обрабатывают последовательность элементов по одному, Transformer может обрабатывать все элементы одновременно, что делает его более эффективным при обучении больших объемов данных. Также использование механизма внимания позволяет более глубоко и гибко моделировать зависимость между элементами последовательности.

Декодер Transformer также использует механизм фокусировки, но на этот раз он используется для измеренного множества.

Входная цепь для элементарного формирования выходной цепи. Декодер работает в автономном режиме и создает последовательность, элемент за элементом, используя ранее сгенерированные элементы в качестве контекстного представления для каждого последующего элемента.

Для обучения модели в трансформаторе используется функция стоимости, которая измеряет расстояние между выходной схемой, сгенерированной моделью, и правильной выходной схемой. Обучение модели выполняется путем минимизации этой функции стоимости с использованием стохастического градиентного спуска или его вариантов.

Одним из основных преимуществ Transformer является его способность обрабатывать строки произвольной длины и обучаться на больших объемах данных. Это позволяет достичь превосходных результатов в задачах машинного перевода и генерации текста. Кроме того, использование механизма внимания позволяет преобразователю более глубоко и гибко моделировать зависимости между элементами последовательности, что дает ему преимущество перед классическими рекуррентными нейронными сетями.

Однако у трансформаторной архитектуры есть и свои недостатки. Для обучения и использования требуется много вычислительных ресурсов, что делает его недоступным для использования на небольших устройствах. Кроме того, для обучения преобразователя сложным задачам может потребоваться большой объем данных и длительное время обучения.

Последовательная модель. Модель Sequence-to-sequence (Seq2Seq) — это класс моделей машинного обучения, используемых для решения задач генерации текста, машинного перевода, распознавания речи и других последовательностей данных. Основная идея модели Seq2seq — получить на вход одну последовательность, а на выходе сгенерировать другую, возможно, на другом языке. Модель Seq2Seq состоит из двух основных компонентов: кодера и декодера.

Нейронная сеть, которая преобразует последовательность ввода кодера в постоянный вектор, представляющий содержимое исходного текста. Этот вектор, также называемый контекстом, затем отправляется на вход декодеру, который генерирует выходную схему.

Декодер также является нейронной сетью, которая генерирует выходную последовательность на основе контекста, полученного от

кодирующего, и предыдущих элементов выходной последовательности. Декодер обучен минимизировать разницу между сгенерированной последовательностью и желаемой выходной последовательностью.

Одной из самых популярных модификаций модели Seq2seq является модель внимания. В этой модели декодер получает от кодирующего не только контекст, но и веса, указывающие, насколько важен каждый элемент входной последовательности для формирования текущего элемента выходной последовательности. Это позволяет модели сосредоточиться на наиболее важных элементах исходного текста и более эффективно обрабатывать длинные последовательности.

Модели Seq2Seq можно обучать с использованием различных методов, включая обучение, обучение без обучения и обучение с подкреплением. При обучении с репетитором используется пара исходной и целевой последовательностей, а при обучении без обучения используется только исходная последовательность. Обучение с подкреплением позволяет модели обучаться на основе вознаграждений, полученных за правильность сгенерированных последовательностей[17][38].

Модели Seq2Seq широко используются в сфере машинного перевода, где их эффективность доказана на многих языковых парах (рисунок 21).

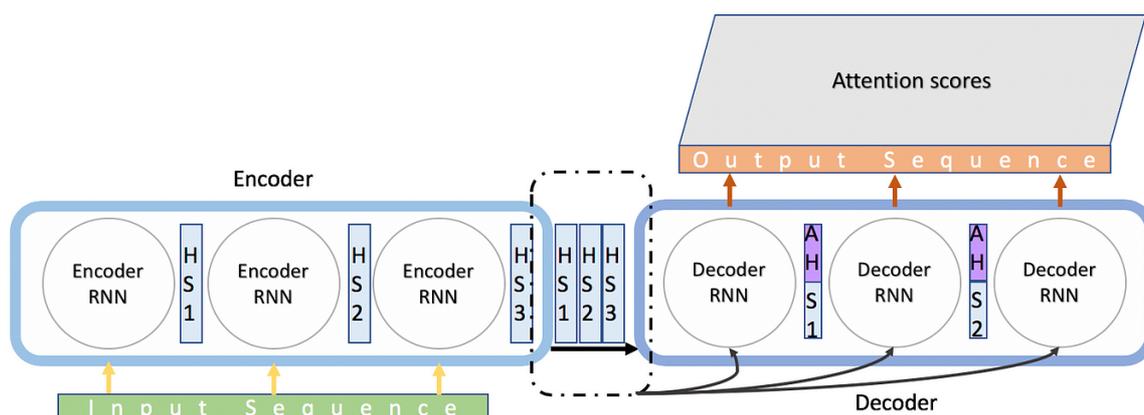


Рисунок 21. Модель Seq2seq

Для реализации модели Seq2seq используется рекуррентная нейронная сеть (RNN), способная обрабатывать последовательности переменной длины. Каждый элемент последовательности представляется вектором фиксированной длины, который затем подается на вход RNN. В каждый момент времени RNN генерирует скрытое состояние, которое зависит от текущего входного вектора и предыдущего скрытого состояния. Затем это скрытое состояние используется для создания следующего элемента последовательности на рисунке 22.

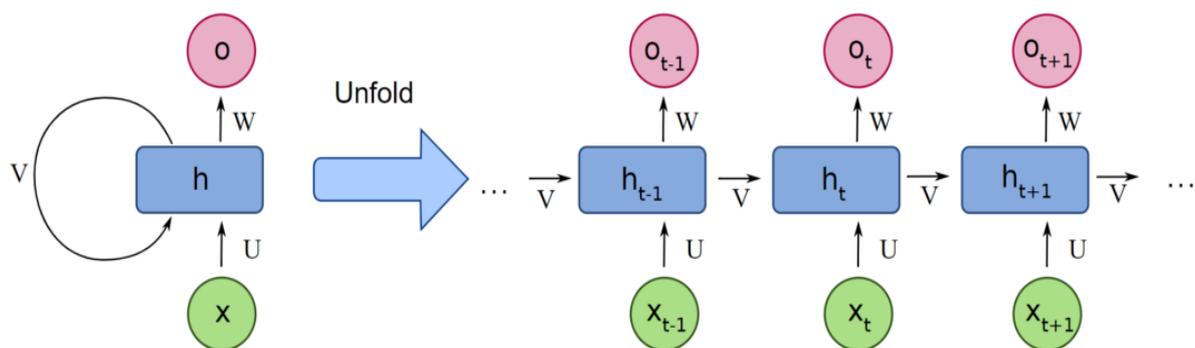


Рисунок 22. Рекуррентные нейронные сети RNN

Для моделей Seq2Seq кодировщик и декодер могут использовать различные типы RNN, такие как LSTM (длинная кратковременная память) или GRU (Gated Recurrent Unit). LSTM и GRU имеют специальную архитектуру, которая позволяет им хранить информацию о предыдущих элементах последовательности и выбирать, какую информацию передать на следующий шаг.[19]

При обучении модели Seq2seq используется функция потерь, оценивающая разницу между сгенерированной и целевой последовательностями. Одной из наиболее распространенных функций стоимости является кросс-энтропия, которая используется для классификации многоклассовых задач. Это позволяет нам оценить вероятности для каждого элемента выходной последовательности и минимизировать разницу между этими вероятностями и желаемыми значениями.

Seq2Seq моделирует генерацию текста, машинный перевод, распознавание речи и многое другое. может использоваться для решения различных задач, например, в задаче машинного перевода исходный текст на одном языке вводится в кодировщик и превращает его в вектор контекста. Затем декодер генерирует выходную последовательность на другом языке на основе этого вектора контекста и предыдущих элементов выходной последовательности.

В целом модели Seq2Seq представляют собой мощный инструмент для работы с последовательностями данных и могут использоваться в различных приложениях. Однако их сложно реализовать, и для достижения высокой точности требуются большие объемы данных.

Чтобы получить хорошие результаты Seq2Seq, модель должна быть правильно настроена и обучена на достаточном количестве данных. Гиперпараметризация — это процесс выбора оптимальных значений параметров модели, таких как количество скрытых слоев, размер скрытых состояний, скорость обучения и т. д. подбор гиперпараметров может занять много времени и сил, так как требует изучения модели с различными параметрами и выбора наилучшей комбинации.

Для обучения модели Seq2seq может потребоваться много входных данных. Это связано с тем, что модель обрабатывает схемы, и вам нужно увидеть много примеров, чтобы хорошо ее обобщить. Кроме того, для

некоторых задач, таких как машинный перевод, могут потребоваться параллельные корпуса текстов на разных языках.

Длительное время считывания также является проблемой при работе с моделями Seq2Seq. Обучение может занять много времени, особенно если используются глубокие модели со многими параметрами. Это может быть проблемой при работе с большими наборами данных, так как чтение может занять дни или даже недели. Однако существуют различные способы ускорить обучение, такие как использование предварительно обученных моделей или распределенное обучение на нескольких графических процессорах.[19]

В целом модель Seq2Seq является мощным инструментом для работы с последовательностями данных и может использоваться для решения самых разных задач. Однако для достижения высокой точности и эффективности необходимо правильно настроить гиперпараметры и обучить модель на достаточном количестве данных, что может занять много времени и сил. [27][28]

## **4.2 Анализатор синтаксиса казахского языка жеста**

Язык жестов, используемый сообществом глухих в Казахстане. Как и любой язык, кыргызский имеет другие грамматические правила, чем разговорные языки. Некоторые основные правила грамматики КЖЯ.

Порядок слов: казахский жестовый язык (КЖЯ) порядок слов субъект-объект-глагол (SOV), что означает, что за субъектом следует объект, а затем глагол.

Казахский язык жестов (КЖЯ) - это язык жестов, используемый сообществом глухих в Казахстане. Как и любой язык, КЖЯ имеет свои правила грамматики, отличные от правил разговорных языков. Вот некоторые основные грамматические правила КЖЯ:

Порядок слов: казахский язык жестов (КЖЯ) порядок слов субъект-объект-глагол (SOV), что означает, что за субъектом следует объект, а затем глагол. Грамматический разбор письменного казахского текста и жестового представлен на рисунке 23.

Например, предложение:

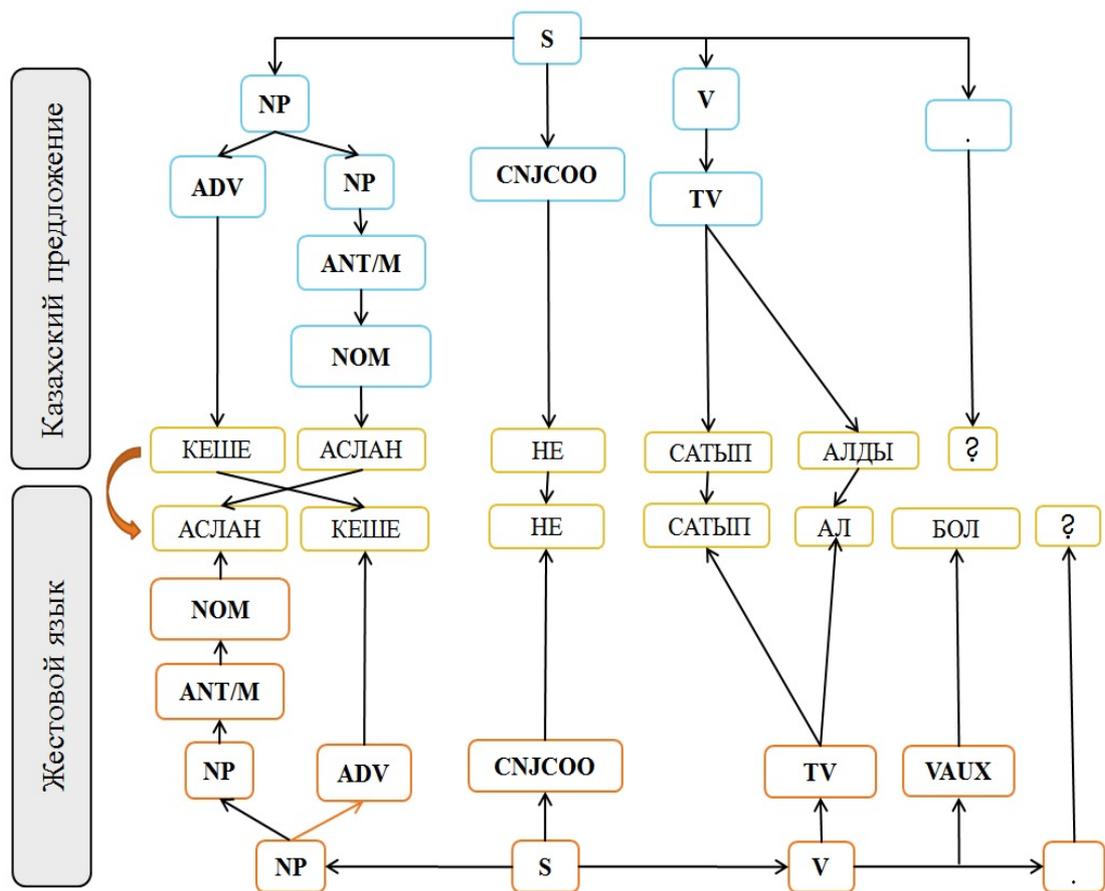


Рисунок 23. Грамматическая структура казахского жестового языка

### 4.3 Блок Схема Алгоритма

Система состоит из 5 модулей:

1. Входные данные казахского предложения.
2. Анализатор категории
3. Элиминатор для удаления стоп-слов
4. Stemming для получения корневых слов каждого слова.
6. Apertium Морфологический анализ текста
5. Перевод в жестовой язык

Внизу представлен рисунок 24 блок схема алгоритма.

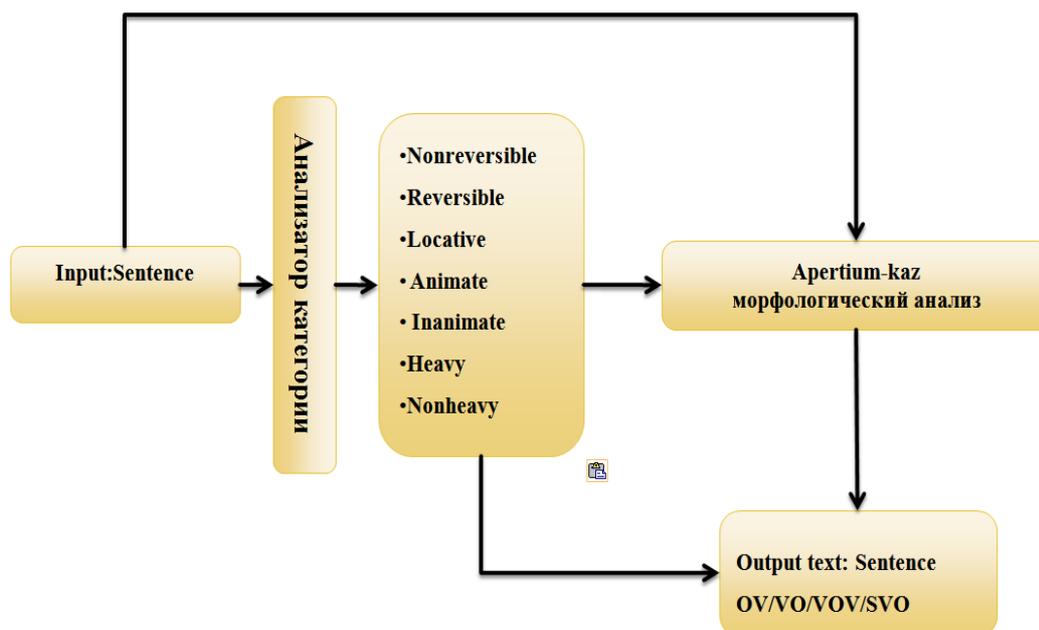


Рисунок 24. Блок схема, алгоритм перевода казахского жестового языка

В данной блок схеме на вход подается казахский предложение, анализатор категории определяет какой категории относится предложения дальше идет удаление стоп слов и стеминг. Применяется морфологический анализ и переносится в алгоритм для анализа порядок слов (OV,VO,VOV,SVO) для жестового казахского языка. Результаты в виде скриншота представлены в приложении в конце .

#### 4.4 Анализ порядок слов

В этом разделе я представляю результаты моего анализа. В данный момент мы определили 7 основных категории, правила для построения порядка слов в КЖЯ (рисунок 25).

<b>1. Nonreversible/Необратимый/(S)OV</b>
<b>2. Reversible/ Обратимый/(S)VO</b>
<b>3. Locative/Местный падеж/OSV</b>
<b>4. Animate/Одушевленный/VO</b>
<b>5. Inanimate/Неодушевленный/OV</b>
<b>6. Heavy</b>
<b>7. Nonheavy</b>

Рисунок 25. Тип категории

#### Nonreversible-Reversible

Как и в других жестовый язык, обратимость в КЖЯ влияет на порядок слов. В обратимых ситуациях предпочтительным является порядок (S)VO, в то время как в необратимом статьи порядок SOV был более распространенным.

#### Animate – Inanimate

С одушевленным объектом, предпочтительным является порядок (VO), то время как с неодушевленные преимущественно (OV) довербальными.

#### Locative

Наиболее типичный порядок в локативных предложениях - OSV, но SOV и OVS также возможны во многих жестовых языков.

1. ‘Мысық Орындықта отырды. (SOV)
2. ‘Мысық Орындықта отырды. (OSV порядок)

Местное предложение (Локативный), место/расположение стоит первым устанавливается место затем расположения предмета.

#### Heavy-Nonheavy

В этом контексте «Heavy» обычно относится к жестам, требующим больших физических усилий, например жестам с большими движениями или знакам, требующим большой силы для выполнения. Тогда «Nonheavy» будет относиться к знакам, требующим меньших физических усилий.

Некоторые преобразования правил приведены в следующей таблице.

Таблица 2.

Основные грамматические правила КЖЯ.

Verb Pattern	Rule	Input Sentence	Parsed Sentence	Output Sentence
Subject - subject -verb  Nonreversible  Inanimate  Heavy	NP→ NP→ V	Қыз теледидар көрдi.	NP: NN қыз, <NOM> (атау септік) NP: NN теледидар, <NOM> (атау септік) V: көр <vaux>	Қыз теледидар көр.
Subject -subject -verb  Reversible  Animate  Nonheavy	NP→ NP→ V	Қыз баланы ұрды.	NP: NN қыз, <NOM> (атау септік) NP: NN бала, <ACC> (табыс септік) VP: V ұр.	Қыз ұр бала.
Locative  Nonheavy  Heavy	NP → NP→ LOC→ V	Піл орындақта отыр.	NP: NN Піл, <NOM> (атау септік) NP: NN орындақ, <LOC> (жатыс септік) VP: отыр <vaux>. (Көмекші етістік)	Орындақ Піл отыр.

## 4.5 Исключение стоп-слов

Поскольку КЖЯ имеет дело со словами, связанными с некоторым значением, нежелательные слова удаляются, они включают в себя различные части речи, такие как осынау, ана, мына, сона, онда, міне,өй, үйт, бүйт, біреу, кейбіреу итд, POS (притяжательное окончание), MD (модальные глаголы), FW (иностранное слово), CC (сочинительный союз), некоторые DT (определители, такие как a, an, the), JJR, JJS (прилагательные, сравнительная и превосходная степени), NNS, NNPS (множественное число существительных, собственное множественное число), RP (частицы), SYM (символы), междометия, некоренные глаголы (рисунок 26).[29][27]

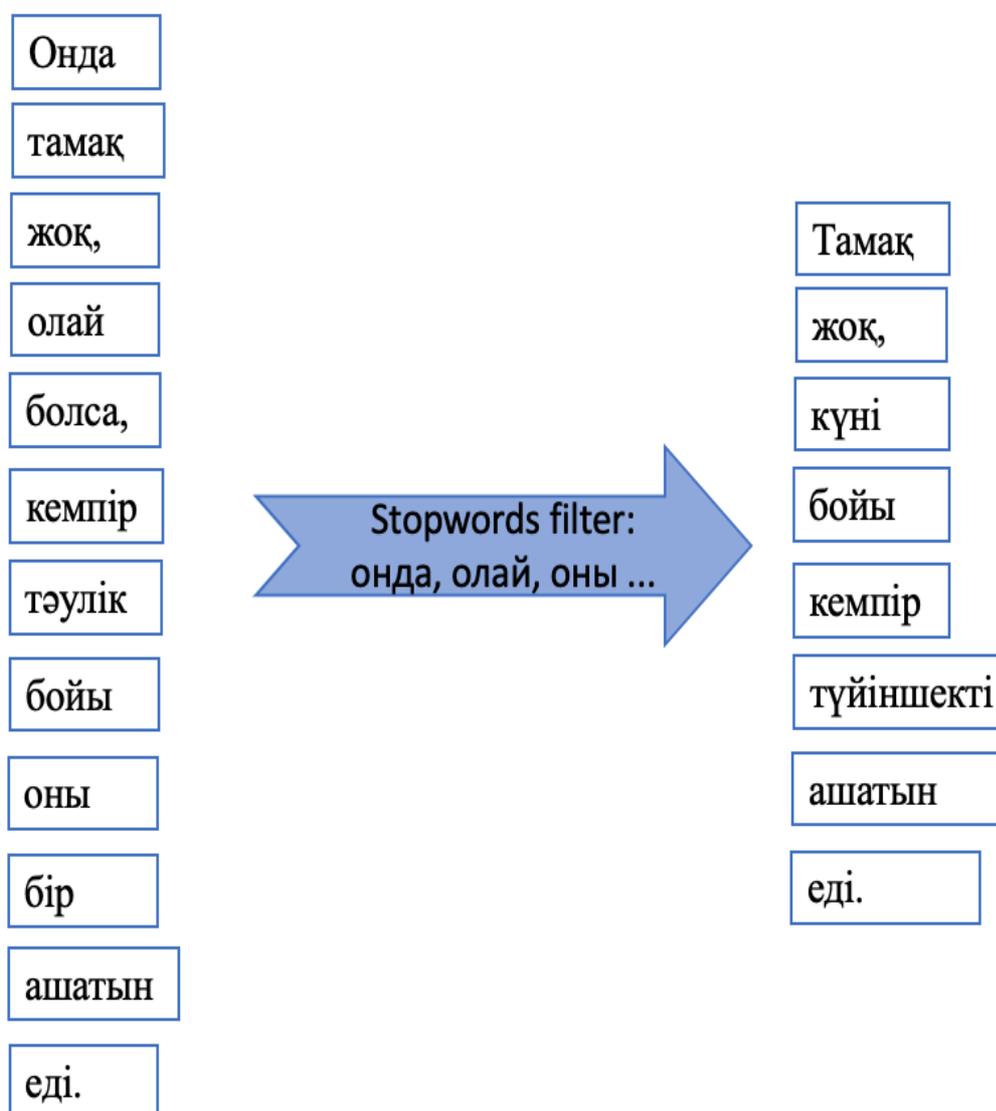


Рисунок 27. Стемминг слов КЖЯ

Примечание – составлено автором по изученным материалам

## 4.6 Лемматизация и замена синонимов

Казахский язык жестов использует корневые слова в своих предложениях. Поэтому мы преобразуем их в корневую форму, используя правила Портера Стеммера, если слово не существует, оно привязывается к своему синониму, содержащему ту же часть речи (рисунок 27).

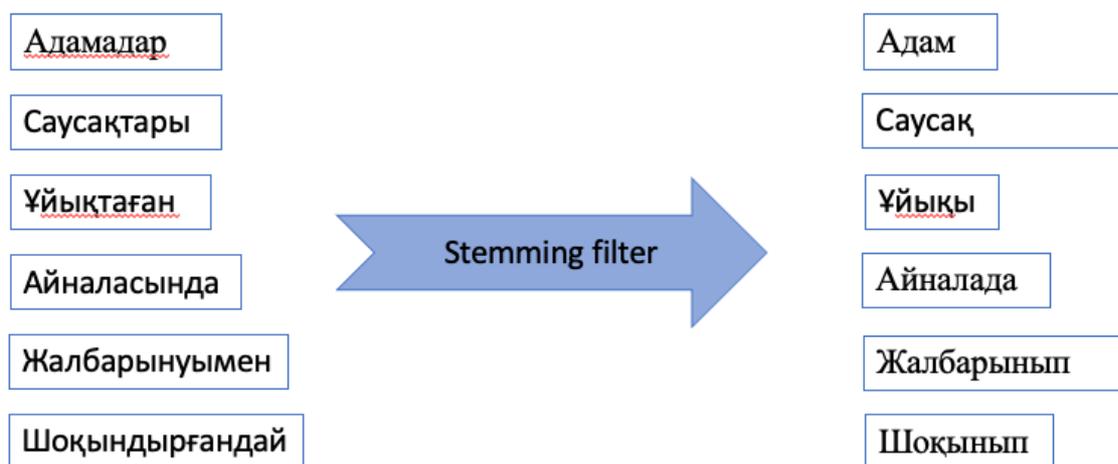


Рисунок 27. Стемминг слов КЖЯ

Примечание – составлено автором по изученным материалам

## 4.7 Рендеринг анимации и создание аватаров на платформе Unity

Unity - это комплексное программное решение, включающее в себя компоненты для решения задач со звуком, 2D и 3D графикой и физикой, а также удобную логику интерфейса программирования игр посредством языка программирования C#.

Для реализации этого проекта был выбран игровой движок Unity, один из многих факторов: он активно развивается, имеет хорошую документацию, большую базу разработчиков, его легко освоить, он выпускает много качественных игр. Возможность также является важным фактором кроссплатформенной разработки, Unity поддерживает большое количество платформ, таких как Linux, Mac, Android, iOS, Xbox, PlayStation. В то время как 3D-игры привлекательны и визуально реалистичны, 2D-игры также очень популярны, особенно на смартфонах и все более популярных планшетах и устройствах.[43]

Из-за этого разработчики Unity решили выпустить поддержку 2D и набор инструментов для работы с 2D в 2013 году. это сделало разработку 2D-игр намного проще, чем раньше. Unity предлагает редактор с удобным графическим интерфейсом (рисунок 27) для управления ресурсами и игровыми объектами и сценами. Редактор содержит несколько окон с различным функционалом.

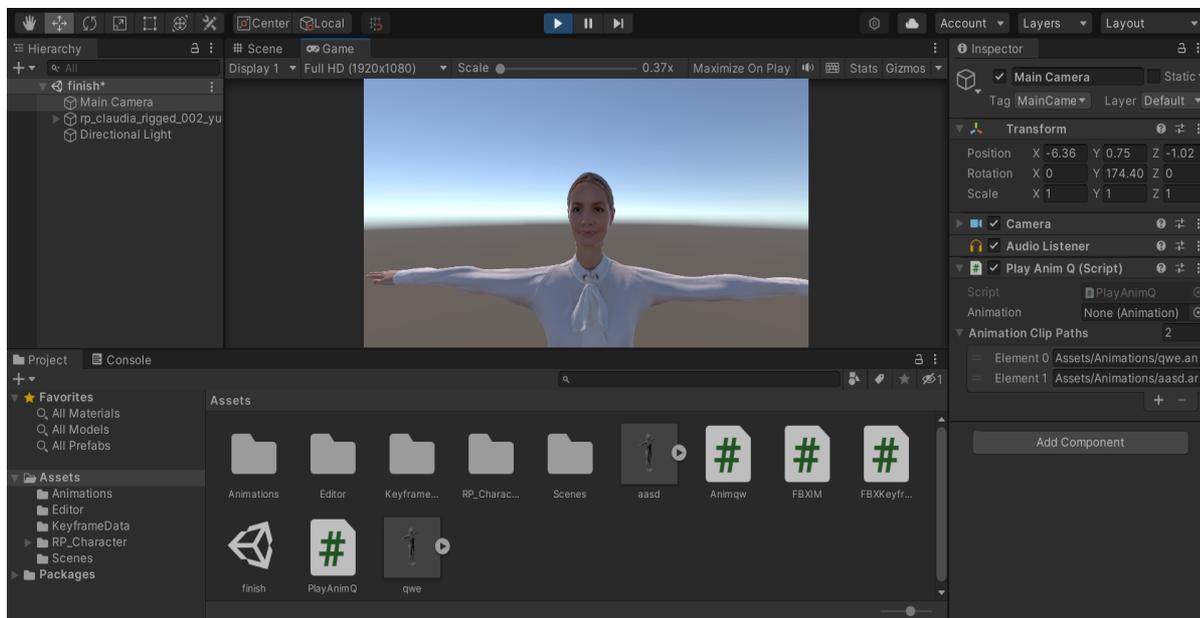


Рисунок 27. Unity Интерфейс

Окно проекта показывает состояние файловой системы проекта, показывая все ресурсы проекта. Вы можете перетаскивать объекты из данного окна в окно редактирования сцены, и это окно также имеет функцию поиска. Когда объекты добавляются в сцену с набором игровых объектов в окне иерархии сцен, они сохраняются в активной сцене, а также появляются в окне иерархии. Игровые объекты могут иметь иерархическую структуру, то есть объект может принадлежать родительскому объекту и должен иметь дочерние объекты, дочерние объекты наследуют некоторые атрибуты родителя, например, положение объекта, показатели стадии и поворота, которые можно изменять относительно к родительскому объекту. Проект с несколькими основными элементами управления на панели инструментов: инструменты для редактирования положения, масштаба и поворота объекта, набор кнопок для запуска и остановки проекта, кнопки для работы с облачными сервисами Unity, окна для просмотра и выбора слоев, предустановленный интерфейс настройки. Окно Инспектора отображает подробную информацию о выбранном объекте и всех его компонентах. Это окно позволяет редактировать функционал объектов, добавлять их физически, графические компоненты, освещение, скрипты и т.д.[40][41][42]

Перевод языка жестов на аватар включает в себя процесс сопоставления жестов языка жестов с соответствующими движениями и анимацией,

выполняемыми цифровым аватаром. Вот шаги, необходимые для перевода языка жестов на аватар:

1. Распознавание языка жестов: применение системы или технологии распознавания жестов для интерпретации жестов, выполненных человеком на языке жестов. Это достигается с помощью методов компьютерного зрения, систем захвата движения или других датчиков.

2. Создание сопоставления жестов: разработка базы данных или сопоставления, которое связывает каждый распознанный жест языка жестов с соответствующей анимацией или движением аватара. Это сопоставление должно учесть движения рук, выражения лица, позы и другие ключевые аспекты жеста.

3. Анимация аватара: создание или использование существующей модели аватара, которая содержит набор анимаций, способных воспроизводить движения, необходимые для жестов языка жестов. Эти анимации должны включать различные формы рук, движения и выражения лица, чтобы достоверно передавать знаки.

4. Анимация в реальном времени: реализация системы анимации, способной обрабатывать распознанные жесты языка жестов и запускать соответствующую анимацию аватара в режиме реального времени. Это может включать управление суставами, выражением лица и другими параметрами аватара, чтобы они точно соответствовали знаку.

5. Презентация аватара: отображение анимированного аватара на экране или в виртуальной среде, что позволяет пользователям видеть, как аватар выполняет жесты, переведенные на язык жестов. Это можно сделать с помощью приложений, веб-сайтов или сред виртуальной реальности.

6. Процесс тестирования и уточнения: проверьте работу системы перевода путем проведения тестов с использованием разнообразного набора жестов языка жестов. В случае необходимости, внесите корректировки в сопоставление и анимацию. Для улучшения точности и естественности представления аватара, соберите обратную связь от экспертов по языку жестов и пользователей.[41,42,43]

Важно отметить, что перевод языка жестов на аватар требует всестороннего понимания языка жестов и его нюансов. Отображение и анимация должны быть направлены на точное представление значения и выразительности знаков, чтобы обеспечить эффективное общение между пользователями жестового языка и аватаром.

В казахском языке жестов (KSL) Gloss КЖЯ относится к процессу представления знаков и предложений KSL с использованием письменных казахских слов. Gloss KSL помогает обеспечить письменное представление знаков и их соответствующих значений. Однако важно отметить, что KSL - это визуальный язык, и Gloss KSL может не полностью отражать нюансы и грамматическую структуру KSL. Ниже представлен блок схема рисунок 28, перевод казахского текста на анимированный жестовой текст.

### Блок-схема «Процесс перевода с текста на жестовый язык»

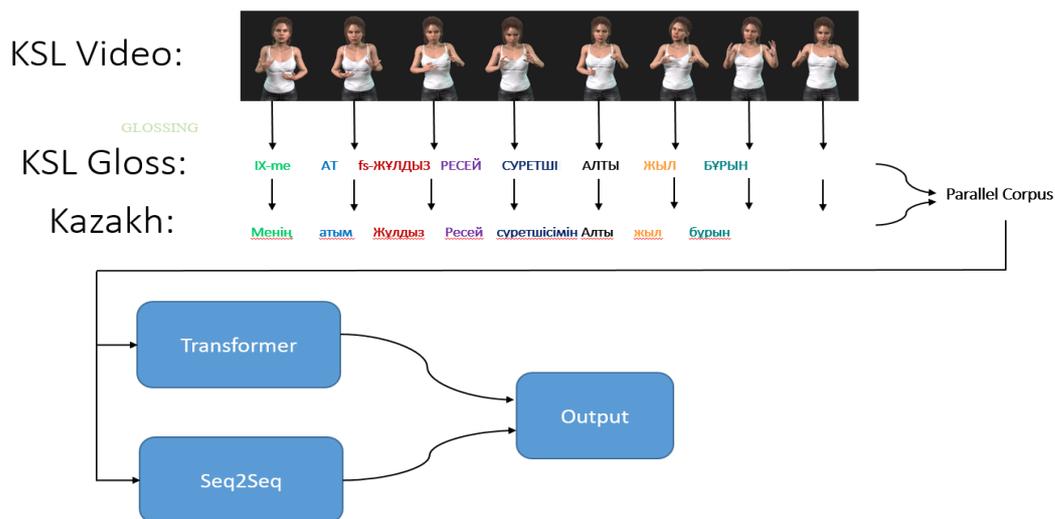


Рисунок 28. Процесс перевода с текста на жестовой язык

При создании толкования KSL для анимации KSL. Каждое слово передают значение знаков анимации в словаре в конце все суммируется на выходе получается цельный анимированный анимация жеста. Вот пример того, как видео анимация KSL может быть представлено с помощью gloss ASL:

Человек подписывает:

«МЕНІМ АТЫМ ЖҰЛДЫЗ РЕСЕЙ СУРЕТШІМІН АЛТЫ ЖЫЛ БҰРЫН.»

KSL Gloss:

«Мен АТ ЖҰЛДЫЗ Ресей СУРЕТШІ АЛТЫ ЖЫЛ БҰРЫН.»

В этом примере толкование KSL упрощает структуру предложения и опускает некоторые грамматические особенности KSL. Цель пояснения KSL состоит в том, чтобы обеспечить базовое понимание знаков, используемых в видео, но оно может не отражать все богатство и сложность коммуникации KSL.

KSL лучше всего усваивается путем непосредственного наблюдения и взаимодействия с опытными подписывающими, поскольку один лишь gloss KSL не может полностью передать тонкости языка.

Выходные данные модели преобразователя seq2seq, обученной для казахского языка, будут следовать схеме, аналогичной описанной ранее. Учитывая входную последовательность на казахском языке, модель будет генерировать выходную последовательность, которая представляет предсказанный или сгенерированный текст на казахском языке.

Например, если модель обучена машинному переводу с письменного казахского на жестовый казахский, результатом будет последовательность

токенов, представляющая переведенное предложение на жестовом казахском языке. Точно так же, если модель обучена генерации текста или любой другой задаче, вывод будет состоять из текста на казахском языке.

Конкретный формат и длина выходной последовательности будут зависеть от задачи и дизайна модели. Это может быть последовательность казахских слов, подслов или символов, в зависимости от схемы токенизации, используемой при обучении.

Важно отметить, что качество и точность выходных данных будут зависеть от обучающих данных, архитектуры модели и других факторов. Постобработка и ручное уточнение могут быть необходимы для того, чтобы сгенерированный вывод был четким, точным и последовательным на казахском языке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На настоящее время грамматика КЖЯ еще недостаточно изучена и формализована, чтобы вести разговоры об автоматическом сурдопереводе из произвольного с казахского текста на ЖЯ. Для создания такой полноценной модели необходимо производить глубокий семантический анализ и разбор письменных фраз, а это пока возможно лишь на поверхностном уровне из-за несовершенства алгоритмов и баз знаний.

Основные проблемы с расшифровкой языка жестов, это ограничен на региональном уровне, он не универсален и, следовательно, не может быть адаптирован в универсальном масштабе. Другие проблемы, с которыми мы можем столкнуться, связаны со сбором данных, где у системы должна быть способность распознавать во всех возможных фонах.

Следовательно, сбор данных определяет, как спроектированная система может действовать в будущем. Другие проблемы могут быть связаны с подбор алгоритма на разных этапах работы, и их осуществимость и эффективность, которые требуют регулярных испытаний для разработать систему, подходящую для наших целей. Это дает нам возможность лучше понять язык жестов и различные сложности, связанные с его распознаванием. Изучить различные возможные методологии, которые доступны в нейронной сети, чтобы иметь возможность производить более эффективную систему распознавание языка жеста. Это также дает нам возможность удалить коммуникативный барьер между людьми, которые имеют проблемы с речью и хороши в жестах, чтобы быть в состоянии общаться с ними без каких-либо затруднений.

В процессе изучения предметной области автором были проанализированы современные тенденции и был сделан обзор существующих методов жестового языка. По результатам проведенного анализа была подготовлена статья.

В ходе выполнения работы были решены такие задачи:

В результате исследования было получено глубокое понимание лингвистической природы жестового языка, его специфики и особенностей, что является важным фундаментом для разработки алгоритмов и моделей перевода письменного текста в жестовой язык. Это позволяет учесть и передать все необходимые лингвистические аспекты при разработке системы перевода и обеспечить точность и естественность воспроизведения выражений на жестовом языке.

В рамках исследования был разработан и реализован алгоритм перевода письменного текста в жестовой язык. Данный алгоритм основан на анализе структуры и грамматики жестового языка, а также учете специфических особенностей жестовых выражений.

Алгоритм перевода учитывает последовательность слов в тексте, семантические и грамматические связи между словами, а также контекст и контекстуальные факторы. Он определяет соответствующие жестовые

символы и их последовательность, чтобы передать смысл и информацию из письменного текста на жестовый язык.

Разработанный алгоритм может быть реализован в виде компьютерной программы или системы, которая автоматически переводит письменный текст на жестовой язык. Он имеет потенциал для использования в различных сферах, где требуется коммуникация с людьми, использующими жестовый язык, и может значительно облегчить общение и взаимодействие между людьми, говорящими на разных языках.

В рамках исследования был создан полноценный жестовый словарь для казахского языка. Жестовый словарь содержит широкий набор жестовых символов, которые представляют различные слова, фразы и понятия в казахском языке.

При создании жестового словаря использовались методы лингвистического анализа и наблюдения за жестовым языком. Были учтены особенности жестового выражения в казахском языке, такие как жестовые символы, жестовые движения и мимика, которые передают определенные значения и смысловую нагрузку.

Жестовый словарь может быть использован в качестве ресурса для изучения и обучения казахского жестового языка. Он предоставляет возможность людям, изучающим жестовый язык, ознакомиться с соответствующими жестовыми символами и их значениями, а также использовать их для коммуникации и взаимодействия с людьми, использующими жестовый язык.

Результаты этого исследования могут иметь практическую ценность, облегчая коммуникацию между глухими или слабослышащими людьми и теми, кто не владеет жестовым языком, и способствуя их взаимопониманию и включению в общество.

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

**КЖЯ**- Казахский жестовый язык;

**KSL** – Kazakh sign language;

**ИТ** – информационный тезарус;

**Unity** – графический редактор;

**Blender** – 3D редактор;

**MT** – machine translator.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 M. Center, Deafness and hearing loss, Tech. rep., 445 World Health Organization (2020).
- 2 Statistics. Url: <https://inva.gov.kz/ru/highcharts>. (Januray 23, 2023)
- 3 The Journal of Deaf Studies and Deaf Education, Volume 10, Issue 4, Fall 2005, Pages 390–401, <https://doi.org/10.1093/deafed/eni037>
- 4 Matthew P. Huenerfauth, —A Survey and Critique of American Sign Language Natural Language Generation and Machine Translation Systems, Technical Report, Computer and Information Sciences University of Pennsylvania, September 2003, MS-CIS-03-32
- 5 Gouri Sankar Mishra, Ashok Kumar Sahoo, Kiran Ravaulakollu, Machine Translation of English Text to Indian Sign Language: A phrase based Approach, Proceedings Smart Technologies in Computer & Communication, 2017, Amity University, Rajasthan,
- 6 Gouri Sankar Mishra, Ashok Kumar Sahoo, Kiran Kumar Ravulakollu, Word based statistical machine translation from English text to Indian sign language, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017
- 7 T. Dasgupta, S. Dandpat, A. Basu, "Prototype Machine Translation System From Text-To-Indian Sign Language", Proceedings of the IJCNLP-08 Workshop on NLP for Less Privileged Languages, Asian Federation of Natural Language Processing, Hyderabad, India, January 2008, p 19–26.
- 8 I. Marshall & É. Sáfár. Extraction of semantic representations from syntactic SMU link grammar linkages, Proceedings of Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP), 2001, pp. 154-159
- 9 É. Sáfár & I. Marshall, The architecture of an English-text-to-Sign-Languages translation system, Proceedings of Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP), 2001, pp. 223-228
- 10 Conference: Workshop on the Representation and processing of Sign Languages. 4th International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2004At: Lisbon
- 11 (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 11, 2021
- 12 Hanke, T. (2004, May). HamNoSys representing sign language data in resources and language processing contexts In LREC (Vol. 4).
- 13 S. Morrissey, "Data-Driven Machine Translation for Sign Languages," Ph.D. Thesis, Dublin City University, Dublin, 2008. pp. 49 -50
- 14 D. Bragg et al., "Sign Language Recognition, Generation, and Translation: An Interdisciplinary Perspective," 2019.
- 15 R. Rastgoo, K. Kiani, and S. Escalera, "Sign Language Recognition: A Deep Survey," Expert Syst. Appl., vol. 164, p. 113794, 2020.
- 16 M. J. Cheok, Z. Omar, and M. H. Jaward, "A review of hand gesture and sign language recognition techniques," Int. J. Mach. Learn. Cybern., vol. 10, no. 1, pp. 131-153, 2019.

- 17 Chiu C-C, Sainath TN, Wu Y, Prabhavalkar R, Nguyen P, Chen Z, Kannan A, Weiss RJ, Rao K, Gonina E, et al. State-of-the-art speech recognition with sequence-to-sequence models. In: 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2018 pages 4774–4778. IEEE.
- 18 Прозорова Е.В. Российский жестовый язык как предмет лингвистического исследования/Е.В. Прозорова // Вопросы языкознания. – 2017. – № 1. – С. 44-61.
- 19 Mittal, A.; Kumar, P.; Roy, P.P.; Balasubramanian, R.; Chaudhuri, B.B. A modified LSTM model for continuous sign language recognition using leap motion. IEEE Sens. J. 2019, 19, 7056–7063.
- 20 Conference: Proceedings of the 4th Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization, APGV 2007, Tübingen, Germany, July 25-27, 2007
- 21 English-ASL\_Gloss\_Parallel\_Corpus\_2012\_ASLG-PC12
- 22 D. Li, C. R. Opazo, X. Yu, and H. Li, “Word-level deep sign language recognition from video: A new large-scale dataset and methods comparison,” arXiv, pp. 1459-1469, 2019.
- 23 L. Deng and J. C. Platt, “Ensemble deep learning for speech recognition,” Proc. Annu. Conf. Int. Speech Commun. Assoc. INTERSPEECH, no. September, pp. 1915-1919, 2014. [14] J. Guo and S. Gould, “Deep CNN Ensemble with Data Augmentation for Object Detection,” 2015. [15] J. Kang, Y. J. Park, J. Lee, S. H. Wang, and D. S. Eom, “Novel leakage detection by ensemble CNN-SVM and graph-based localization in water distribution systems,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 65, no. 5, pp. 4279-4289, 2018.
- 24 Зайцева Г.Л. Жестовая речь. Дактилология: Учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Л.Зайцева. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 192 с.
- 25 Kimmelman, Vadim. Reflexive pronouns in Russian Sign Language and SignLanguage of the Netherlands: modality and universals (англ.). — Universiteit Van Amsterdam., 2009.
- 26 <https://inva.gov.kz/ru/highcharts> - численность инвалидов
- 27 Goyal, L., & Goyal, V. (n.d.). Automatic Translation of English Text to Indian Sign Language <http://www.aclweb.org/anthology/W16-6319> 30
- 28 Zouhour Tmar, Achraf Othman & Mohamed Jemni: A rule-based approach for building an artificial English-ASL corpus <http://ieeexplore.ieee.org/document/6578458/>
- 29 Teranai Vichyaloetsiri & Pongpisit Wuttidittachotti: Web Service framework to translate text into sign language: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8035336/>
- 30 Zhang, F., Bazarevsky, V., Vakunov, A., Tkachenka, A., Sung, G., Chang, C.-L., and Grundmann, M. (2020). MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking. CoRR, abs/2006.1.
- 31 iClone. Url: <https://courses.reallusion.com/home/iclone/pipelines/motion-live/facial-mocap-live-face> (March 13, 2023)
- 32 iClone8. Url: [https://manual.reallusion.com/iClone-8/Content/ENU/8.0/30-Set/Prop/Translate\\_Bones\\_for\\_Props\\_and\\_Accessories.htm?Highlight=rig](https://manual.reallusion.com/iClone-8/Content/ENU/8.0/30-Set/Prop/Translate_Bones_for_Props_and_Accessories.htm?Highlight=rig)(February 20, 2023 )

- 33 Blender manual 2.79. Url: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/structure.html>.(February 12,2023)
- 34 Blender manual 2.79. Url: <https://docs.blender.org/manual/en/2.79/rigging/armatures/bones/structure.html#bones-influence> (February 14, 2023 )
- 35Blender manual 3.5. Url: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/addons/rigging/rigify/bone\\_positioning.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/addons/rigging/rigify/bone_positioning.html)(February 14, 2023 )
- 36 Abeill'e, A., Schabes, Y. and Joshi, A.: Using lexicalized tree adjoining grammars for machine translation. In Proc. of the 13th International Conference on Computational Linguistics (COLING '90), Helsinki, Finland. (1990)
- 37 Norman Badler, Martha Palmer, and Bindiganavale, R.: Animation control for real-time virtual humans. Communications of the ACM. (1999) 42(8) 65–73
- Bartenieff, I. and Lewis, D.: Coping With the Environment. Gordon and Breach Science Publishers, New York. (1980)
- 38 Stoll, S., Camgoz, N. C., Hadfield, S., and Bowden, R. (2020). Text2Sign: Towards Sign Language Production Using Neural Machine Translation and Generative Adversarial Networks. International Journal of Computer Vision, 128(4):891–908. (1974) 1–19
- 39 Dasgupta, T.; Basu, A. Prototype machine translation system from text-to-Indian sign language. In ACM Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Intelligent User Interfaces, Gran Canaria, Spain, 13–16 January 2008; pp. 313–316
- 40 Chomsky, N. and Halle, M.: The Sound Pattern of English. Harper, New York, NY. (1968)
- 41 Unity 2021(LTS). Url: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Avatar.html>(January 24, 2023)
- 42 Unity2021(LTS).Url: <https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptingSection.html> (January 27, 2023)
- 43 Unity. 2021(LTS). Url: <https://docs.unity3d.com/Manual/AnimationClips.html>. (January 20, 2023 )

## ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
import stanza

import requests

nlp = stanza.Pipeline(lang='kk',
processors='tokenize,mwt,pos,lemma,depparse')
sentence = "Қыз баланы ұрды"
doc = nlp(sentence)
id_obj = 0
id_obj = 0
id_subj = 0
id_verb = 0
id_ObIL = 0
req_word_obj = ""
req_word_subj = ""
req_word_obl = ""
reversible_verbs = []
animate_entities = []
Animate = 0

for sent in doc.sentences:
    for idx, word in enumerate(sent.words):
        if word.deprel == 'obj':
            id_obj = idx
            req_word_obj += word.lemma
        if word.deprel == 'nsubj':
            id_subj = idx
            req_word_subj += word.lemma

def reversible():
    for sent in doc.sentences:
        for idx,word in enumerate(sent.words):
            if obje == 2:
                return True
    return False

def Animated():
    for sent in doc.sentences:
        for idx,word in enumerate(sent.words):
            if obje == 1:
```

```
        return True
    return False
```

```
def locative():
    for sent in doc.sentences:
        for word in sent.words:
            if word.deprel == 'obl:loc':
                return True
            print("Locative Found:", word.text)
```

```
from json import loads
from requests import get
if req_word_obj != "":
    request_result_v =
get("https://translate.googleapis.com/translate_a/single?client=gtx&dt=t&sl=kk&tl
=en&q="+ req_word_obj)
    translated_text_v = loads(request_result_v.text)[0][0][0]
```

```
elif req_word_subj != "":
    request_result_s =
get("https://translate.googleapis.com/translate_a/single?client=gtx&dt=t&sl=kk&tl
=en&q="+ req_word_subj)
    translated_text_s = loads(request_result_s.text)[0][0][0]
```

```
API_URL = "https://api-inference.huggingface.co/models/andrewt-cam/bert-
finetuned-animacy"
headers = {"Authorization": "Bearer
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"}
```

```
def query(payload):
    response = requests.post(API_URL, headers=headers, json=payload)
    return response.json()
```

```
output_v = query({"inputs": "The " + translated_text_v})
```

```
output_s = query({"inputs": "The " + translated_text_s})
```

```
obje = 0
```

```

for j in [output_v, output_s]:
    for idx, i in enumerate(j):
        if idx == 1:
            print(" ")
            if i["entity_group"] == "B_human" or i["entity_group"] ==
"B_animal":
                obje += 1
            elif i["entity_group"] == "I_animal" or i["entity_group"] ==
"I_animal":
                obje += 1

```

```

rever_sentence = sentence.split()

```

```

"""id_obj

```

```

id_subj

```

```

id_verb

```

```

"""

```

```

subject = ""

```

```

verb = ""

```

```

objec = ""

```

```

Obll = ""

```

```

for sent in doc.sentences:

```

```

    for idx, word in enumerate(sent.words):

```

```

        if word.deprel == 'nsubj' or word.deprel == 'nsubjpass':

```

```

            subject += str(word.lemma).upper()

```

```

        elif word.deprel == 'obj' or word.deprel == 'dobj':

```

```

            objec += str(word.lemma).upper()

```

```

        elif word.feats == 'Case=Loc':

```

```

            id_Obll = idx

```

```

            Obll = str(word.lemma).upper()

```

```

        elif word.upos == 'VERB':

```

```

            id_verb = idx

```

```

            verb = str(word.lemma).upper()

```

```

if reversible():

```

```

    rever_sentence[id_subj] = objec

```

```

    rever_sentence[id_obj] = verb

```

```

    rever_sentence[id_verb] = subject

```

```

    print([upperS.upper() for upperS in rever_sentence])

```

```

    print("reversible")

```

```

if Obll != "":

```

```

    print("Locative")

```

```

    rever_sentence[id_subj] = Obll

```

```

    rever_sentence[id_Obll] = subject

```

```

print([upperS.upper() for upperS in rever_sentence])

elif Animated():
    print("Animate")
    rever_sentence[id_obj] = verb
    rever_sentence[id_verb] = objec
    print([upperS.upper() for upperS in rever_sentence])

#print("Subject:", subject)
#print("Verb:", verb)
#print("Object:", object)

#print(*[ f'id: {word.id}\tword: {word.text}\thead id: {word.head}\thead:
{sent.words[word.head - 1].text if word.head > 0 else "root"}\tdeprel:
{word.deprel}' for sent in doc.sentences for word in sent.words], sep='\n')

```