

Ю.С. МАНУЕВА, М.Г. ГРИФ, А.Н. КОЗЛОВ  
**ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО СУРДОПЕРЕВОДА РУССКОГО ЯЗЫКА**

---

*Мануева Ю.С., Гриф М.Г., Козлов А.Н. Построение системы компьютерного сурдоперевода русского языка.*

**Аннотация.** В статье проведен обзор существующих систем компьютерного сурдоперевода, выявлены их преимущества и недостатки. Рассматривается общий случай перевода (в обе стороны): со звучащего русского на русский язык жестов и наоборот. Предложен новый способ построения семантического блока системы компьютерного сурдоперевода. Для установления соответствия «слово-жест» определены лексические значения слов. Среди множества альтернатив на основе алгоритма семантического анализа за каждым словом закрепляется единственное лексическое значение. Для простых предложений разработаны и реализованы алгоритмы семантического анализа. Предложен способ перевода русского текста на русский жестовый язык на основе сопоставления синтаксических конструкций. Разработана соответствующая библиотека для определения синтаксических конструкций. Для создания архитектуры будущей системы распознавания жестов были рассмотрены существующие аппаратно-программные средства.

**Ключевые слова:** русский жестовый язык, компьютерный сурдоперевод, семантический анализ, синтаксические конструкции, средства распознавания жестовой речи.

*Manueva Y.S., Grif M.G., Kozlov A.N. Computer Sign Language Interpretation System Development of Russian Language.*

**Abstract.** In the article review of the existing systems of computer sign language is provided and their advantages and disadvantages are identified. The synchronic aspect of these systems was considered. The general case of translation (both sides) from sounding Russian on Russian sign language and vice versa is observed. A new method for constructing a semantic unit of computer sign language is proposed. Lexical meanings of words are defined to match the correspondence "word-gesture". Among the many words alternatives based on the semantic analysis algorithm for each word necessary lexical meaning is confirmed. For simple sentence semantic analyses algorithms are developed. A translation method of the Russian text into Russian sign language based on a comparison of syntactic structures is proposed. Relevant library is developed to determine the syntax constructions. To create the architecture of the future system for gesture recognition are examined existing hardware and media programs. It is noted that this stage there is no solution that meets the specified requirements, so to get a more accurate result, it is necessary to use a combination of these systems.

**Keywords:** Russian sign language, computer sign language interpretation, semantic analysis, syntax constructions, recognizers of sign language.

---

**1. Введение.** По данным Министерства здравоохранения Российской Федерации количество людей с ограниченными возможностями здоровья по слуху в России растет с каждым днем и уже составляет порядка 13 млн. человек. Почти каждый десятый россиянин имеет различные проблемы со слухом.

В настоящий момент существует язык жестов, специальные школы, различные объединения для реабилитации слабослышащих

людей [1]. Несмотря на то, что жестовые языки задействуют не звуковой, а визуально-кинестический канал передачи информации, по своим фундаментальным свойствам они схожи со звучащими языками, что позволяет причислять их к естественным человеческим языкам и анализировать, используя методы и понятия, разработанные на материале звучащих языков [2].

В качестве помощи данной категории граждан государство бесплатно предоставляет услуги сурдопереводчика в размере 40 часов в год [3]. Очевидно, что такого объема услуг переводчика недостаточно. В связи с этим возникает необходимость в использовании мультимедийных компьютерных систем, которые будут переводить речь на язык жестов и наоборот.

Рассмотрим диахронический аспект развития систем компьютерного сурдоперевода, проведем краткий обзор каждой системы и определим преимущества и недостатки систем. Система Zardoz является системой перевода с английского языка на язык жестов с использованием языка-посредника (интерлингвы). Преимуществом логических суждений и именованных слотов является то, что здравый смысл и другие компоненты рассуждения в системе помогают легко получить семантическую информацию. Из-за большой трудоемкости применение системы возможно только для ограниченного количества предметных областей. На настоящий момент внедрена инфраструктура системы Zardoz, включая разбор, интерлингву, генерацию и анимацию компонентов. Текущие исследования сосредоточены на разработке более всеобъемлющей грамматики, морфологии и лексики для ирландского языка жестов [4].

Система TEAM (TranslationfromEnglishtoASLbyMachine) – это система машинного перевода с английского языка на американский жестовый язык. Перевод в системе TEAM состоит из двух этапов: первый- перевод введенного предложения с английского языка на промежуточное представление с учетом синтаксической, грамматической и морфологической информации, второй - отображение промежуточного представления в виде движения с небольшим набором параметров, которые в дальнейшем преобразуются в большее число параметров, которые управляют моделью человека, воспроизводящей жесты. Гибкость системы позволяет адаптировать ее другим жестовым языкам [5].

Проект ViSiCAST является упрощенной системой, которая фиксирует движения и жесты человека сурдопереводчика, а затем эти координаты рук переводчика передаются для последующего анализа, чтобы получить реалистичного аватара. Система ViSiCAST имеет инновационные разработки двух форматов: «BAF» формат для упрощенной сис-

темы на основе захвата движения и язык жестов разметки (SiGML) для передачи полученной анимации на основе обозначение жеста [6].

Ни одна из зарубежных систем не может обрабатывать входную информацию, поступающую в виде голоса. Для систем перевода, которые направлены именно на устный перевод, этот недостаток является существенным. Жестовые языки от звучащих отличаются тем, что используют пространственную информацию вокруг говорящего. Следовательно, в данных системах необходим учет специфики жестового языка. Специфика воспроизведения жестов учитывается только в системе Team. Для более качественного перевода недостаточно только морфологической и синтаксической информации. В системе Zardoz делаются попытки учета семантической составляющей жестового языка. Технология перевода в системе ViSiCAST включает привлечение человека в процесс перевода, что является основным недостатком данной системы. Все системы отображают жесты с использованием аватара, но только в системе ViSiCAST достигнута максимальная реалистичность. Основным недостатком рассмотренных выше систем является отсутствие учета семантической составляющей как звучащего, так и жестового языка. Учет семантической составляющей в процессе перевода является большим преимуществом системы, обладающей таким свойством. Качество перевода заметно повышается за счет этого улучшения. Для достижения наилучшего результата необходимо учитывать особенности семантики исходного языка и язык перевода.

Целью данной статьи является описание способа построения системы компьютерного сурдоперевода русского языка на основе словаря семантических отношений В.А. Тузова, алгоритма сопоставления синтаксических конструкций, а также существующих аппаратно-программных средств распознавания жестовой речи.

**2.Общая схема компьютерного перевода русского речи (текста) на русский жестовый язык.** Современные системы компьютерного перевода основываются на трехчленной модели Шаляпиной [7]. Данная модель состоит из трех подсистем: анализ исходного текста, анализ межязыковых преобразований и синтез жестовой речи.

Компьютерный переводчик также должен обеспечивать:

- 1) загрузку текста;
- 2) визуализацию результатов перевода;
- 3) возможность изменения структуры системы (расширение, изменение словарей) [8].

Заключительным этапом перевода является визуализация жестового языка. Существует два варианта реализации: фотосъемка модели, демонстрирующей определенные жесты, и сохранение их в базе

данных системы; создание для демонстрации жестов виртуального персонажа [9]. Система компьютерного сурдоперевода включает в себя следующие модули [10]:

1. Модуль распознавания русского звучащего языка (РЗЯ). В базовом варианте разрабатываемой системы применяется сервис Google;

2. Модуль анализа русского текста, включая подсистемы морфологического, синтаксического и семантического анализа. Данный модуль в существенной степени опирается на свободно распространяемые коды (система Диалинг) [11];

3. Модуль перевода русского текста на инструкции (команды) для отображения на русский жестовый язык (РЖЯ) [12]. Данный модуль использует взаимосвязь грамматических систем указанных языков;

4. Модуль визуализации РЖЯ на основе компьютерного манекена человека (аватар) сурдопереводчика. Система управления данного аватара основана на гамбургской системе нотаций [13].

**3. Семантический анализ русского текста.** Смысл единицы русского языка зависит от ее соотношения с остальными единицами языка и от ее лексической и синтаксической сочетаемости с ними. Единицы языка объединяются в группы по общим признакам, например, в группу под названием человек могут входить такие подгруппы как родственник, национальность, профессия [14]. Проблема разрешения лексической неоднозначности является одной из приоритетных проблем в процессе перевода с одного языка на другой, ведь от правильной работы семантического модуля зависит смысл всего текста. Особый интерес в данном вопросе представляют омонимы и фразеологизмы.

О.С. Ахманова под омонимом характеризует омонимы как пару слов или набор слов, принадлежащие тождественным фонемным рядам и разница между которыми носит семантический или грамматический характер [15]. Цель семантического анализа состоит в моделировании значений слов в предложениях. Для достижения данной цели необходимо разрешить лексическую многозначность (омонимию).

Значения слов определяются с использованием словаря В.А.Тузова [16]. Модуль семантического анализа начинает свою работу после выполнения морфологического и синтаксического анализа. Входная информация представляет собой текстовую строку, полученную после этапа распознавания речи. Процесс семантического анализа состоит из двух частей: первичного семантического анализа и семантического анализа. Первый этап основан на работе системы «Русско–

английского машинного перевода Диалинг» [11]. Цель подготовительного этапа - получение начальной формы каждого слова, морфологических характеристик и семантических отношений. В системе Диалинг основополагающим семантическим понятием является понятие семантического отношения. Определим семантическое отношение как универсальную связь, которая усматривается носителем языка в конкретном контексте. Основная идея списка отношений заключается в том, что связи в тексте можно определить через предложенные отношения или через их композицию. Большинство существующих семантических отношений считаются универсальными [17].

В работе В.А.Тузова «Компьютерная семантика русского языка» каждое слово представляется как валентная структура, состоящая из набора актантов [16]. Каждый актант описывается набором характеристик, описанных в формуле 1:

$$A_i = \{CN_i, BL_j, SD_k, MD_l, C_m, SP_p\}, \quad (1)$$

где  $CN_i$  – номер класса,  $i=1...N$ ,  $BL_j$  – базисная лексема,  $j=1...M$ ,  $SD_k$  – семантическое описание,  $k=1...P$ ,  $MD_l$  – морфологическое описание,  $l=1...S$ ,  $C_m$  – комментарий,  $m=1...L$ ,  $SP_p$  – часть речи,  $p=1...W$ .

Основная семантическая информация содержится в номере класса, но кроме этого может содержаться и дополнительная информация [17]. Фрагмент классификатора представлен в таблице 1, в которой отражено количество слов для конкретного номера класса.

Таблица 1. Фрагмент классификатора

Номер класса	Имя класса	Количество слов
\$1 <sup>a</sup>	Noun	88
\$110	Noun. Abstract notion(AN)	4
\$1100/01	Noun. (AN) – abstract–concrete	2

Например, семантическое описание для глагола ехать имеет вид:

- 1) \$15402(N%~ВЕРХОМ\$0(Oper01(!Им,ПОЕЗДКА\$15402(ПО ДАТ:НЕЧТО\$1~!поДат,ОТКУДА:НЕЧТО\$1~!Откуда,КУДА:НЕЧТО\$1~!Куда,НАПРЕД:ТРАНСПОРТ\$121324(НАПРЕД:ЖИВОТНОЕ\$12422~!наПред)))) {г16нН 24947} <1>
- 2) N%~ПОЕЗДКА\$15402(Oper01(!Им,ПОЕЗДКА\$15402(ПОЧЕМУ:ПРИЧИНА\$1/37/05\ПРИКАЗ\$1526031~!Почему,ПОД

АТ:НЕЧТО\$1~!поДат,ОТКУДА:НЕЧТО\$1~!Откуда,КУДА:  
 НЕ-  
 ЧТО\$1~!Куда,ТВ:НАПРЕД:ТРАНСПОРТ\$121324~!Тв\!наП  
 ред))) {г16нН 24947} <2>

Как видно из семантического описания глагол ехать имеет две альтернативы. В отдельное значение вынесено устойчивое выражение ехать верхом.

Словарная статья компьютерного семантического словаря содержит заголовочное слово и его толкование на семантическом языке. Большинство слов словаря имеют несколько семантических описаний. Самой многозначной частью речи являются предлоги, количество значений для предлога «в» составляет 239. На основе семантического словаря была разработана база данных, представленная на рисунке 1.

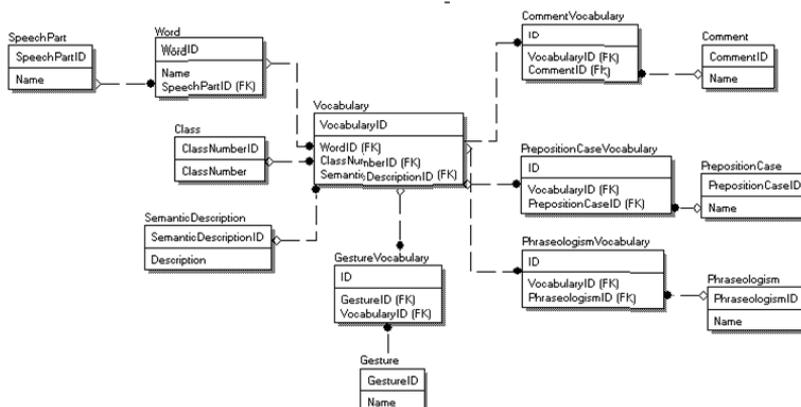


Рис. 1. Логическая модель базы данных системы

Модель системы семантического анализа представлена на рисунке 2. Алгоритм семантического анализа состоит из двух основных этапов. На этапе предварительной обработки происходит пословная обработка текста в пределах одного предложения. Результатом работы этого этапа является список начальных форм слов предложения, их морфологические характеристики и семантические отношения. Информация, полученная на первом этапе, является входной информацией для второго этапа. В ходе исследования был разработан программный комплекс, позволяющий выполнять семантический анализ предложений (рисунок 3).

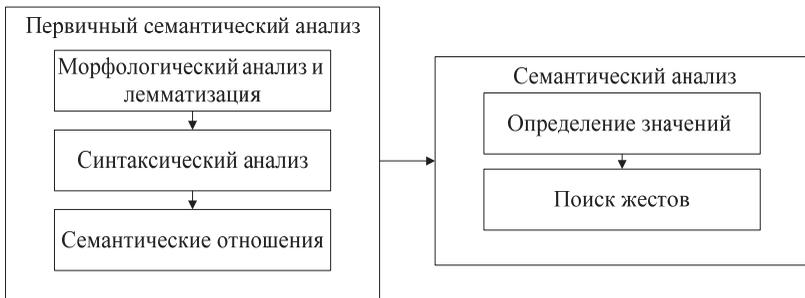


Рис. 2. Семантический анализ текста

Основная задача второго этапа – построение независимых альтернатив в описаниях слова и вычисление семантико-грамматического типа каждой альтернативы, входящей в описание. Эти преобразования выполняются в несколько шагов. На первом шаге определяются альтернативные описания для каждого слова. На втором шаге выполняется следующая вспомогательная работа: нумеруются и идентифицируются все альтернативы каждого слова, выносятся номер семантического класса слова, из семантического описания выносятся все аргументы.

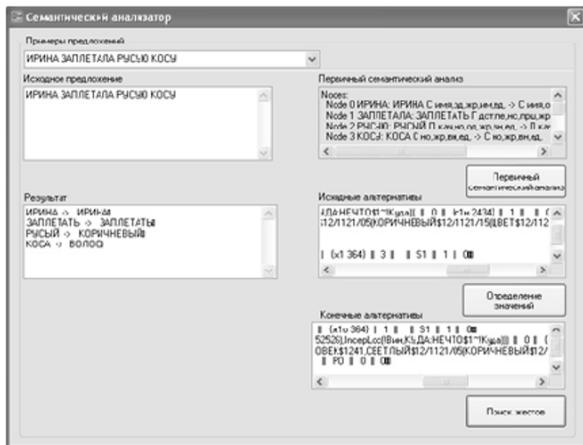


Рис.3. Система семантического анализа

Построенное описание состоит из набора альтернатив, каждая из которых содержит две основные части: морфологическую с указанием семантического класса слова и семантическую. Первая часть альтернативы содержит информацию о том, к каким словам может при-

соединиться данное слово, вторая часть – какие слова оно может присоединить. При сборке во взаимодействие вступают две рядом стоящие конструкции.

Следующий этап работы семантического модуля заключается в обработке фразеологизмов. В семантическом словаре фразеологизмы определены в отдельные альтернативы. Для уменьшения количества альтернатив необходимо сначала обработать фразеологизмы и затем удалить лишние альтернативы у таких слов. Это упростит дальнейшую работу модуля.

Процесс обработки предлогов состоит из двух этапов. Сначала осуществляется поиск предложно-падежных сочетаний. Правильный выбор семантического описания предлога зависит от связанного с ним существительного. В итоге получаем, что каждому предлогу соответствует единственное семантическое описание.

Дальнейшие действия анализатора зависят от вида предложения. Выделим два вида предложений: первый – предложения, в составе которых только одно слово имеет несколько альтернатив, второй случай – в предложении несколько слов с множеством альтернатив. В первом случае цикл отсутствует, и анализируется только одно слово. Все слова разбиваются на 4 категории: глаголы, имена существительные, имена прилагательные и инфинитивы. Анализ зависит от части речи многозначного слова. Алгоритмы в каждом случае различны. Во втором случае анализ происходит в цикле. Каждая итерация начинается с проверки количества слов с множеством альтернатив. Предложение просматривается до тех пор, пока у каждого слова будет только одно семантическое описание. Когда каждому слову соответствует только одна семантическая характеристика, то происходит поиск соответствующего жеста. Результатом работы системы является список соответствия «слово-жест».

**4.Перевод русского текста на РЖЯ на основе сопоставления синтаксических конструкций.** Рассмотрим более детально модуль перевода русского текста на РЖЯ. На данном этапе будем опираться на полученные ранее результаты лингвистического исследования русского жестового языка в части особенностей лексики, словообразования, морфологии, синтаксиса и семантики жестового языка [18] глухих и слабослышащих граждан Российской Федерации, которые используются при разработке компьютерного сурдопереводчика русского языка. Цель описываемых синтактико-семантических преобразований – упрощение текста русского языка за счёт разбиения предложений, представляющих сложные ситуации, на последовательности более

простых предложений. Единицей, над которой осуществляются преобразования, является предложение, содержащее полное причастие.

В результате применения каждого правила преобразования исходное предложение  $\Pi$  разбивается на две части, оформляемые далее в виде предложений  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , каждое из которых обозначает меньшее число ситуаций, чем  $\Pi$ , и в этом смысле является более простым по сравнению с  $\Pi$ .

В ходе преобразования исходное предложение  $\Pi$  не просто механически разделяется на две части, а подвергается определённым дополнительным модификациям. В частности, причастие заменяется соответствующим глаголом. Для указания на идентичность упоминаемых объектов вводятся местоимения.

Группа *ПРИЧ\_СУЩ* состоит из двух частей: группы существительного (обозначим её через  $Z$ ) и фрагмента типа *ПРЧ*, содержащего причастие, согласованное с главным словом группы  $Z$ .

Группа существительного может представлять собой отдельное существительное (обозначим его через  $S$ ), группу типа *ПРИЛ\_СУЩ* (в группе такого типа главным словом является существительное, которое также будем обозначать через  $S$ ).

Через  $P$  обозначаются полные причастия, входящие в состав фрагмента *ПРЧ* и согласованные между собой по роду, числу, времени. Символ  $P$  служит для обозначения каждого из таких согласованных между собой причастий, и правила преобразования применяются ко всем ним одинаково.

В формуле 2 представлено преобразование для замены причастия на глагол, от которого это причастие образовано.

$$P \rightarrow V(p), \quad (2)$$

где  $P$  – причастие,  $V(P)$  – глагол.

Если необходимо выполнить преобразование типа (2), то данное преобразование применяется к обоим согласованным причастиям. Форма глагола  $V(P)$  определяется типом применяемого правила. Знаки  $Z$ ,  $S$ ,  $P$  могут характеризоваться определённым набором значений индексов:  $X$  – падеж (обозначения падежей стандартные: *им* – именительный, *род* – родительный и т.д.),  $y$  – число,  $z$  – род,  $l$  – лицо,  $t$  – время,  $a$  – залог ( $\delta$  – действительный,  $c$  – страдательный).

$V(P)_{y,z,l,t,a}$  – функция, значением которой является глагол, от которого было образовано причастие  $P_{y,z,l,t,a}$  – этот глагол имеет те же значения параметров  $y, z, l, t, a$ , что и  $P$ .

Применению правила преобразования к некоторому предложению  $\Pi$  предшествует выделение в этом предложении входящего определённой синтаксической конструкции, содержащей причастие. Таким образом  $\Pi$  разделяется на три части: начало предложения –  $НП$ , выделенная синтаксическая конструкция, конец предложения –  $КП$ . В предложении «Плеск дождевых капель, ниспадавших на его поверхность, далеко относил гул» фрагмент  $ПРЧ$  соответствует части «Плеск капель, ниспадавших на его поверхность», следующей за существительным  $S = \text{капель}$ ,  $НП$  – плеск,  $КП$  – далеко относил гул. Эта ситуация будет обозначаться так: [ $НП S ПРЧ КП$ ].

Правила могут заменять или устранять некоторые части исходного текста; а также изменять порядок следования некоторых частей текста. Общее условие применимости: правила данного типа применимы только в том случае, если в результате предшествующего (морфологического и синтаксического) анализа выделена группа  $ПРИЛ\_СУЩ$  и  $P$  – полное причастие. Данный тип правил представлен шестью вариантами (2 правила для причастий действительного залога и 4 правила для причастий страдательного залога). Например, в результате применения правила предложение «Плеск дождевых капель, ниспадавших на его кипящую поверхность, далеко относил гул» будет разделено на два более простых: [дождевые капли ниспадали на его поверхность] [плеск этих капель далеко относил гул].

Нужно заметить, что возможен и перевод на основе базового порядка следования жестов в предложении. Рассмотрим программу компьютерного сурдоперевода русского текста на письменный разговорный русский жестовый язык [10]. Произвольный русский текст (предложение) вводится в программу и подвергается морфологическому, синтаксическому и семантическому анализу. Затем формируется стандартная схема предложения на разговорном русском жестовом языке: подлежащее, определение, обстоятельство, сказуемое, дополнение.

Данная схема последовательно применяется для простых высказываний. Если слову в предложении можно поставить жест, то оно заменяется на гамбургскую систему нотаций для данного жеста. Если нет – то переводится дактильной азбукой в данной системе нотаций. Для снятия многозначности показа жеста используется база онтологий. Проводится анализ на возможность параллельного показа высказыва-

ний. Программная реализация синтаксических преобразований предложений, содержащих конструкции с полными причастиями, представляет собой библиотеку, в которой инкапсулируется процесс обработки текста. В результате изоляции логики в кодовой библиотеке (.dll-сборке) .NET различные приложения с любыми пользовательскими интерфейсами (консольный, в стиле рабочего стола, в веб-стиле и т.д.) могут обращаться к существующей библиотеке даже независимо от языка.

С целью анализа текста на естественном русском языке библиотека обеспечивает:

- 1) загрузку текста и инициализацию необходимых компонентов системы Диалинг;
- 2) разбиение текста на предложения и организацию процедуры преобразования предложений;
- 3) морфологический и синтаксический анализ каждого предложения (построение дерева зависимостей предложения);
- 4) перевод каждого предложения с применением правил синтаксических преобразований (построение дерева перевода предложения).

**5. Анализ аппаратно-программных средств распознавания жестовой речи.** Основная проблема распознавания жестовой речи состоит в том, что распознать отдельные жесты недостаточно. Необходимо распознавать непрерывную жестовую речь, ее смысл. Рассмотрим существующие аппаратно-программные средства и основные подходы, которые используются для решения данной проблемы. Все устройства, которые применяются для распознавания жестов, делятся на две группы: устройства, основанные на видеоданных и устройства, которые используют датчики: акселерометр, гироскоп и магнетометр. Лучший результат дают системы, которые помимо RGB сенсора имеют IR Depth сенсор (сенсор глубины) для распознавания жестов на небольшом расстоянии.

Одним из примеров удачного технического решения является камера от компании Creative. Она содержит два микрофона, позволяющих значительно улучшить качество распознавания речи, встроенную RGB и инфракрасную камеры [19].

Бесконтактный контроллер Kinect, разработанный фирмой Microsoft, имеет RGB сенсор, инфракрасный излучатель и ИК сенсор. Kinect применяется на дистанции от 1.8 до 3 метров, в то время как камера от Creative работает от 15 см до 1 метра. Другим различием является то, что Creative больше подходит для распознавания жестов, идентификации и трэкинга объектов, рук, лица, их синтеза, распозна-

вания голоса, в то время как функционал Kinect направлен на идентификацию и распознавание жестов и контура тела человека для выделения человека в окружающей среде дома [19, 20].

Еще один контроллер, который относится к этой категории - это Leap Motion. Leap Motion – это небольшое устройство размером с 3G-модем, несет в себе Monochromatic IR cameras – 2 шт и Infrared LEDs – 3 шт. Leap Motion отслеживает все 10 пальцев с точностью до 1/100 миллиметра. Устройство имеет угол обзора в 150 градусов по оси Z для определения высоты [20].

Другим интересным применением Leap Motion стали очки виртуальной реальности Oculus Rift (рисунок 4). Здесь контроллер, прикреплен на самих очках и используется для распознавания рук пользователя.



Рис. 4. Очки виртуальной реальности OculusRift и контроллер LeapMotion

Вторая группа устройств – устройства, основанные на использовании данных акселерометра, гироскопа и магнитометра. В основном данные устройства используются только для человеко-компьютерного взаимодействия. В настоящее время на рынке только начинают появляться системы, которые получая данные акселерометра и гироскопа, могли бы использоваться для сурдоперевода. На данный момент большинство из них являются прототипами, например, кольца, перчатки, браслеты с набором датчиков. Компании, которые разрабатывают эти устройства, находятся на этапе привлечения денег в краудфандинговых платформах. Поэтому готовые продукты можно ожидать не раньше, чем во второй половине 2015 года.

Устройством, которое должно решить проблему распознавания движения – может оказаться браслет MYO компании Thalmic Labs, рисунок 5.



Рис. 5. Браслет MYO компании Thalmic Labs

Браслет содержит в себе 3-х осевой акселерометр, 3-х осевой гироскоп, а также 3-х осевой магнетометр, но основной особенностью устройства является наличие специального датчика, который получает информацию, считывая электрические импульсы в мышцах движущейся руки. Устройство запрограммировано на игнорирование случайных движений [20].

**6. Заключение.** В данной работе предложен способ построения системы компьютерного сурдоперевода русского языка. Рассмотрен диахронический аспект развития систем компьютерного сурдоперевода. Проанализированы существующие системы перевода на жестовый язык, выявлены их преимущества и недостатки. Предложен новый способ построения семантического блока системы компьютерного сурдоперевода. Результатом работы системы семантического анализа является список соответствий «слово-жест». Среди множества альтернатив слов на основе алгоритма семантического анализа, за каждым словом закрепляется единственное лексическое значение. Для простых предложений разработаны и реализованы алгоритмы семантического анализа. К наиболее приоритетным направлениям модификации модуля семантического анализа можно отнести следующие: расширение базы жестов, осуществление разбора сложных предложений, добавление учета в алгоритме анализа специфики русского жестового языка. Предложен новый способ перевода на основе сопоставления синтаксических конструкций. Разработана соответствующая библиотека для определения синтаксических конструкций. Для создания архитектуры будущей системы распознавания жестов были рассмотрены существующие аппаратно-программные средства.

### Литература

1. Постановление Правительства РФ от 17 марта 2011 г. №175 "О государственной программе Российской Федерации "Доступная среда" на 2011 - 2015 годы".
2. *Прозорова Е.В.* Российский жестовый язык как предмет лингвистического исследования // Вопросы языкознания. М.: 2007. С. 44-61.
3. Постановление от 25 сентября 2007 г. № 608 «О порядке предоставления инвалидам услуг по сурдопереводу за счет средств федерального бюджета».
4. Cross modal comprehension in ZARDOZ an English to sign-language translation system. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1641450> (дата обращения: 25.10.2014).
5. A Machine Translation System from English to American Sign Language. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=749243> (дата обращения: 25.03.2014)
6. *Wakefield M.* VisiCAST Milestone: Final Report // 2002. 97p.
7. *Шалыпина З.М.* К проблеме построения формальной модели процесса перевода // Материалы всесоюзной научной конференции «Теория перевода и научные основы подготовки переводчиков». 1975. С. 165–172.
8. *Гриф М.Г., Королькова О.О.* Разработка компьютерного сурдопереводчика звучащей речи на разговорный русский жестовый язык // Информатика: проблемы,

методология, технологии. Материалы XI международной научно-методической конференции (10-11 февраля 2011 г.): в 3 т. Т. 1. Воронеж: Воронежский государственный университет. 2011. С. 206-208.

9. Гриф М.Г. Методы и технологии компьютерного сурдоперевода: учебное пособие // Новосибирск: НГТУ. 2012. 71с.
10. Гриф М.Г., Королькова О.О., Панин Л.Г., Тимофеева М.К., Цой Е.Б. Лексические и грамматические аспекты разработки компьютерного сурдопереводчика русского языка: монография // Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2013. 292 с.
11. Сокирко А. Семантические словари в автоматической обработке текста (по материалам системы Диалинг) // Канд. дисс., МПИИЯ. М., 2000. 108 с.
12. Grif M.G., Demyanenko Y.A., Korolkova O.O., Tsoy Y.B. Development of Computer Sign Language Translation Technology for Deaf People // Proc. of the 6<sup>th</sup> International Forum of Strategic Technology (IFOST 2011). 2011. pp. 674-677.
13. Grif M.G., Korolkova O.O., Tsoy Y.B. On Peculiarities of the Russian Language Computer Translation into Russian Sign Language for Deaf People // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Indo-Russian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics. Novosibirsk, NSTU. 2011. pp. 219-222.
14. Королькова О.О. Особенности словообразования русского жестового языка / Под. ред. Березина О.А., Грушецкая Е.Н., Ицкович Т.В. и др. Современная лингвистика и межкультурная коммуникация: монография // Красноярск: Научно-инновационный центр, 2012. С. 98-152.
15. Ахманова О.С. Словарь омонимов русского языка // М.: Советская энциклопедия. 1974. 451с.
16. Тузов В.А. Компьютерная семантика русского языка: учебное пособие // СПб: СПбГУ. 2003. 391с.
17. Словарь сочетаемости слов русского языка / Под ред. П.Н. Денисова и В.В. Морковкина 2-е изд. // М.: Русский язык. 1983. 685 с.
18. Королькова О.О. Морфология русского жестового языка / Под. ред. Березина О.А., Бизюков Н.В., Королькова О.О. и др. Лингвистика и межкультурная коммуникация: монография. Кн. 3. // Красноярск: Научно-инновационный центр. 2011. С. 60-87.
19. Гриф М.Г., Козлов А.Н. Сравнительный анализ программно-аппаратных средств в задачах распознавания жестовой речи // Сборник трудов НГТУ. Новосибирск, 2014. С. 63-72.
20. Браслет МЮО и мир Будущего. URL: <http://www.3dnews.ru/645483> (дата обращения: 20.10.2014).

## References

1. *Postanovlenie Pravitelstva RF ot 17 marta 2011g. N 175 "O Gosudarstvennoy programme Rossiiskoi Federacii "Dostopnay sreda" na 2011-2015 gody"* [Russian Federation Government Resolution dated March 17, 2011 N 175 "On the State Program of the Russian Federation "Accessible Environment" for 2011 - 2015]. (In Russ).
2. Prozorova E.V. [Russian sign language as an object of linguistic research]. *Voprosy i razresheniya – Problems of Linguistics*. М., 2007. pp. 44-61 (In Russ).
3. *Postanovlenie ot 25 sentyabry 2007 g. N 608 "O porydke predostavleniy invalidam uslug po surdoperevodu za schet sredstv federalnogo budzeta"* [The decision of September 25, 2007 № 608 "On the procedure of Sign language interpretation services for the disabled at the expense of the federal budget"]. (In Russ).
4. Cross modal comprehension in ZARDOZ an English to sign-language translation system. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1641450> (Accessed: 25.10.2014).
5. A Machine Translation System from English to American Sign Language. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=749243/> (Accessed: 25.03.2014).

6. Wakefield M. VisiCAST Milestone: Final Report. 2002. 97p.
7. Shalypina Z.M. [In the problem of constructing a formal model of the translation process]. *Materialy vsesojuznoj nauchnoj konferencii «Teoriya perevoda i nauchnye osnovy podgotovki perevodchikov»* [Proceedings of the All-Union Scientific Conference "Theory of Translation and scientific bases of training of translators"]. 1975. pp. 165-172. (In Russ).
8. Grif M.G., Korolkova O.O. [Development of computer sign language interpreter sounding speech at conversational Russian sign language]. *Informatika:problemi, metodologiya, tehnologii. Materiali XI meshdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferencii* [Computer science: problems, methodology, technology. Proceedings of the XI International Scientific Conference]. 2011. pp 206-208. (In Russ).
9. Grif M.G. *Metodi I tehnologii kompyuternogo surdoperevoda: uchebnoe posobie* [Methods and techniques of computer sign language: a tutorial]. Novosibirsk: NGTU. 2012. 71 p. (In Russ).
10. Grif M.G., Korolkova O.O., Panin L.G., Timofeeva M.K., Tsoi E.B. *Leksicheskie i grammaticheskie aspect razrabotki kompyuternogo surdoperevodchika russkogo yazika: monografiyu* [Lexical and grammatical aspects of the development of computer sign language Russian language: monograph]. Novosibirsk: NGTU. 2013. 292 p. (In Russ).
11. Sokirko A. *Semanticheskie slovari v avtomaticheskoi obrabotke teksta (po materialam sistemi Dialing)* [Semantic dictionaries in automatic text processing (based on the system Dialing)]. Kandy. diss., MPIYA. M., 2000. 108 p. (In Russ).
12. Grif M.G., Demyanenko Y.A., Korolkova O.O., Tsoy Y.B. Development of Computer Sign Language Translation Technology for Deaf People. Proc. of the 6<sup>th</sup> Internation Forum of Strategic Technology (IFOST 2011). 2011. pp. 674-677.
13. Grif M.G., Korolkova O.O., Tsoy Ye.B. On Peculiarities of the Russian Language Computer Translation into Russian Sign Language for Deaf People. Proceedings of the 2-nd Indo-Russian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics. Novosibirsk, NSTU. 2011. pp. 219-222.
14. Korolkova O.O. [Features derivation Russian Sign Language]. Eds.: Berezina O.A., Grusheskaya E.N., Itskovich T.V., etc. *Sovremennaya lingvistika I meshkulturnaya kommunikasia: monografiua* [Modern linguistics and intercultural communication: a monograph]. Krasnoyarsk: Research and Innovation Center. 2012. pp. 98-152. (In Russ).
15. Ahmanova O.S. *Slovar omonimov russkogo yusika* [Dictionary of homonyms Russian language]. M: Soviet Encyclopedia. 1974. 451 p. (In Russ).
16. Tuzov V.A. *Kompiuternaya semantika usskogo yazika: uchebnoe posobie* [Computer semantics of the Russian language: a tutorial]. St. Petersburg. 2003. 391p. (In Russ).
17. *Slovars ochetaemosti slov russkogo yazika* [Collocations Dictionary of Russian]. Eds. Denisov P.N., Morkovkina V.V., M.: Russian language. 1983. 685p. (In Russ).
18. Korolkova O.O. [Morphology of Russian gesture language]. Eds.: Berezina O.A., Bisukov N.V., Korolkova O.O. *Lingvistika i meshkulturnay kommunikasia: monografiua* [Linguistics and Intercultural Communication: a monograph]. Krasnoyarsk: Research and Innovation Center. 2011. pp. 60-87. (In Russ).
19. Grif M.G., Kozlov A.N. [Comparative analysis of software and hardware in pattern recognition of sign language]. *Sbornik trudov NGTU – Proceedings of the NSTU*. Novosibirsk, 2014. pp. 63-72. (In Russ).
20. *Braclet MYO I mir Buduishego* [Braclet MYO and the World of Tomorrow]. Available at: <http://www.3dnews.ru/645483> (Accessed: 20.10.2014). (In Russ).

**Мануева Юлия Сергеевна** — Аспирант, кафедра автоматизированных систем управления Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). Область научных интересов: семантические модели языка. Число научных публикаций — 10.

juleno4eknot1@rambler.ru; 630087 Новосибирск ул. Немировича-Данченко 138 к.523; р.т. 89231132906.

**Manueva Yulia Sergeevna** — Ph.D. student, department of Automated control systems, Novosibirsk State Technical University. Research interests: semantic models in translation. The number of publications — 10. juleno4eknot1@rambler.ru; 630087 Novosibirsk St.Nemirivich-Danchenko 138 ap.523; office phone +79231132906.

**Гриф Михаил Геннадьевич** — д-р техн. наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). Область научных интересов: методы проектирования и оптимизации человеко-машинных систем, системы компьютерного сурдоперевода. Число научных публикаций — 220. grifmg@mail.ru; пр. К.Маркса, 20, Новосибирск, 630092; р.т. +7(383) 346-15-59, факс +7(383)346-11-00.

**Grif Mikhail Gennadyevich** — Ph.D., Dr. Sci., head of department, Department of Automated Control Systems of Novosibirsk State Technical University (NSTU). Research interests: methods of designing and optimization of man-machine systems, systems of sign language machine translation. The number of publications — 220. grifmg@mail.ru; prospect Karla Marksa 20, Novosibirsk, 630092, Russia; phone +7(383) 346-15-59, fax +7(383)346-11-00.

**Козлов Андрей Николаевич** — Аспирант, кафедра автоматизированных систем управления Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). Область научных интересов: системы человеко-машинного взаимодействия. Число научных публикаций — 2. andrey.n.kozlov@gmail.com; ул. Немировича-Данченко, 136, Новосибирск, 630087; р.т. +79133937939.

**Kozlov Andrei Nikolaevich** — Ph.D. student department of Automated control systems, Novosibirsk State Technical University. Research interests: human-machine communication system. The number of publications — 2. andrey.n.kozlov@gmail.com; street Nemirivich-Danchenko 136, Novosibirsk, 630087; office phone +79133937939.

## РЕФЕРАТ

*Мануева Ю.С., Гриф М.Г., Козлов А.Н. Построение системы компьютерного сурдоперевода русского языка.*

Целью данной статьи является описание способа построения системы компьютерного сурдоперевода русского языка на основе словаря семантических отношений В.А. Тузова, алгоритма сопоставления синтаксических конструкций, а также существующих аппаратно-программных средств распознавания жестовой речи.

Статья состоит из 6 основных частей: введения; общей схемы компьютерного перевода русского речи (текста) на русский жестовый язык; семантического анализа русского текста; перевода русского текста на РЖЯ на основе сопоставления синтаксических конструкций; анализа аппаратно-программных средств распознавания жестовой речи.

Во введении описываются основные проблемы, которые возникают у слабослышащих людей, а также рассматриваются существующие системы компьютерного сурдоперевода, анализируются их достоинства и недостатки, обозначается актуальность задачи. Во второй части представлена общая схема компьютерного перевода русского речи на русский жестовый язык. Описаны требования к системе и модули, которые она в себя включает. В третьей части рассматриваются вопросы, посвященные семантике русского языка, представлена компьютерная семантика русского языка В.А.Тузова. Алгоритм семантического анализа состоит из двух этапов: этап предварительной обработки и этап построения независимых альтернатив. В данной части статьи представлен программный комплекс, позволяющий выполнять семантический анализ предложений. В четвертой части статьи рассмотрен модуль перевода русского текста на РЖЯ. Цель описываемых синтактико-семантических преобразований – упрощение текста РЖЯ за счёт разбиения предложений, представляющих сложные ситуации, на последовательности более простых предложений. В пятой части приводится описание аппаратных средств, их сравнительный анализ и общее применение.

## SUMMARY

*Manueva J.S., Grif M.G., Kozlov A.N.* **Sign Language Interpretation System Development of Russian Language.**

The purpose of this article is to describe to reader current systems of computer sign language and show the principle of the transfer from sounding Russian to Russian sign language and vice versa, report about the hardware and software that can be useful for solving the problem of gesture recognition.

The paper consists of six parts: introduction; the general scheme of computer translation from Russian speech (text) to Russian sign language; semantic analysis of Russian text; Russian translation of the text on the RSL based on a comparison of syntactic structures; analysis of hardware and software for recognition of sign language.

The introduction describes the main problems appeared by deaf people, as well as the current systems of computer sign language are considered, their advantages and disadvantages are analyzed, urgency of this task is denoted. In the second part, the general scheme of computer translation from Russian speech to Russian sign language is discussed. Describes the system requirements and units involved are described. In the third part, questions devoted to the semantics of the Russian language is considered, the V.A.Tuzovs computer semantics of Russian is represented. Semantic analysis algorithm consists of two stages: preliminary processing step and step of independent alternatives construction. This part of the article is presented a software package that allowed to perform semantic analysis of sentences. In the fourth part translation module from Russian text to Russian Sign language is explained. The purpose of these described syntactic and semantic transformations is simplification of Russian Sign language text by means of sentence decompositions were difficult situation into simpler sentences sequence. In the fifth part hardware, comparative analysis and general application are described.