

Реализация информационной технологии автоматизированного перевода с флективных языков на жестовый

Крак Ю.В., доктор физико-математических наук, профессор,



Бармак А.В., кандидат технических наук, доцент,



Романишин С.А., аспирант



В статье описывается подход к решению проблемы перевода с вербального на жестовый язык глухих. Для обеспечения перевода строятся обобщенные грамматические конструкции на основе корпуса предложений, используемых людьми с недостатками слуха в обычном общении. Описано. Предложено практическую реализацию инфологических моделей для словарей флективного и жестового языков для работы с данными конструкциями и алгоритм перевода. Получено экспериментальное подтверждение эффективности изложенного подхода на базе украинского языка.

• автоматизированный перевод • инфологическая модель информационной технологии перевода • грамматические конструкции автоматизированного перевода.

Approach for solving the problem of translation verbal languages to sign languages is described. Generalized grammatical constructions are built based on sentences corpus used by deaf people in regular communication. Practical realization of infological model of inflected and sign languages is described. Translation algorithm is built. Experi-



mental confirmation of represented approach is described based on Ukrainian language.

• *automated translation* • *infological model of information technology of translation* • *grammar structures for automated translation*.

Жестовый язык (ЖЯ) – это естественный язык, передающий информацию при помощи движения рук и пальцев, выражения лица, положения корпуса тела человека. Используется как составная часть для общения людей и служит основным коммуникационным средством для глухих людей [1,2]. Жестовые языки не являются визуальной интерпретацией обычных языков; они обладают своей грамматикой, могут быть использованы для обсуждения самых различных тем: от простых и конкретных до возвышенных или абстрактных. Лексика разговорного ЖЯ ещё недостаточно изучена, особенно идиоматика, фразеология, морфология. Автоматическое приписывание разговорного ЖЯ всем формам словесной и письменной речи неверно. Нельзя рассматривать разговорный ЖЯ глухих в традиционных моделях лингвистики. В силу этого проблемы, возникающие при построении систем автоматизированного перевода произвольного текста в ЖЯ, можно подать как нахождение взаимно однозначных пар конструкций вербального и жестового языков, которые передают смысл информации.

Рассмотрим синтаксические особенности жестового языка на примере трёх типовых структур предложений вида: субъект-объект-глагол; субъект-глагол-объект; глагол-субъект-объект. Подлежащее и сказуемое в таких предложениях связаны предикативной связью. Предложения с одной предикативной связью будем называть простыми предложениями. Отметим, что порядок слов в предложениях с одной предикативной связью в большинстве разговорных языков мира описывается одной из трёх типовых структур [3,4]. В ЖЯ простые предложения служат основным способом коммуникации и делятся на повествовательные, вопросительные и побудительные [5]. Сложность при переводе составляет преобразование предложений вербальных языков, имеющих свободный порядок слов, в жестовые, в которых порядок слов значительно более строг [6].

Для реализации автоматизированного перевода исходной текстовой информации в ЖЯ будем предполагать, что возможно представить пары: предложение на исходном языке — аналог на ЖЯ, в виде некоторых обобщенных конструкций, построенных, в частности, на простых предложениях. Если проанализировать наборы полученных при переводе пар, то можно, зафиксировав порядок следования слов в предложении, получить некоторую обобщенную форму, где вместо конкретных слов в предложении будут выписаны наборы слов, которые могут использоваться (находиться) на этих зафиксированных местах. Таким образом будет получен достаточно небольшой (относительно общего количества предложений некоторого языка) список обобщенных грамматических конструкций для перевода.

Информационная технология автоматизированного перевода с флективных языков на ЖЯ

Система автоматизированного перевода с флективных вербальных языков на жестовый язык предусматривает создание множественной модели для словаря вербального языка [7] и реализации её для возможности моделирования соответствующих связанных обобщенных грамматических конструкций вербального и жестового языков [8]. Структурная схема информационной технологии для автоматизированного перевода отражена на рис. 1.

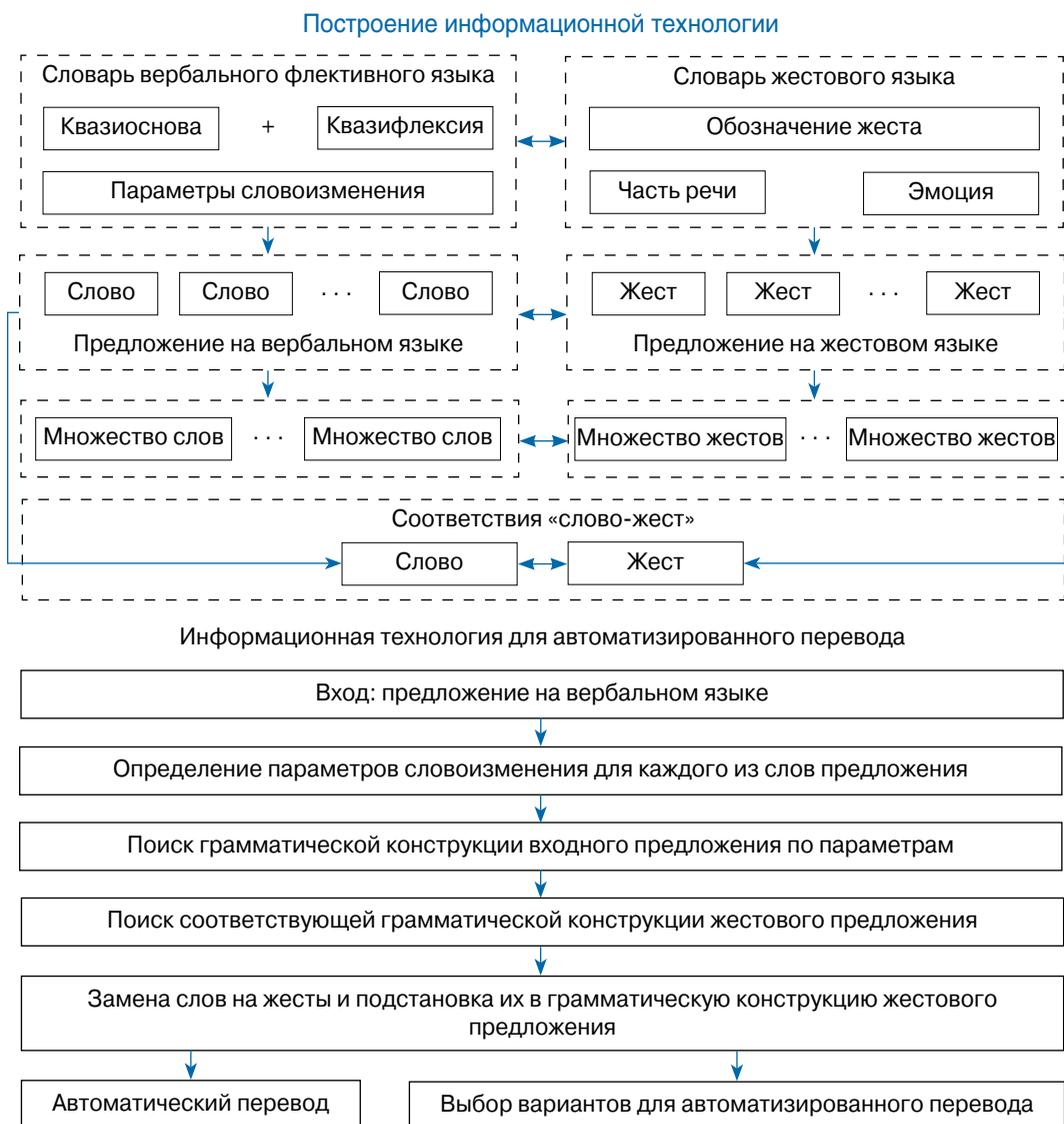


Рис. 1. Структурная схема информационной технологии для автоматизированного перевода

Учитывая особенности флективных языков, словарь флективного языка представляется в виде:

$$W = \{W_i : W_i = \{I_{i_1} \in I, F_{i_2} \in F, k, In_{i_3} \in In\}\} \quad (1)$$

где W_i — параметры слова вербального языка ($i = 0, \dots, N - 1, N$ — количество слов в словаре); F — множество всех возможных окончаний слов (флексий); k — номер позиции в слове инфинитиве, с которой начинается конкатенироваться флексия; In — множество параметров словоизменения слова (для украинского языка параметрам словоизменения является число, род, падеж, лицо, время, состояние, способ), I — множество слов-инфинитивов вербального языка:

$$I = \{I_i : I_i = \{word \text{ inf}, p \in P\}\}, \quad (2)$$

где P — множество частей речи; $word \text{ inf}$ — слово-инфинитив.

Для ЖЯ, в связи с отсутствием в нём словоизменения, структура словаря будет несколько проще. Множество жестов подаётся как

$$Ges = \{Ges_i; Ges_i = \{word\ des, pges \in PGes, em \in Em\}\}, \quad (3)$$

где $word\ des$ — обозначение жеста, $PGes$ — жестовая часть речи, $Em = \{em_1, em_2, em_3\}$ — множество эмоциональных окрасок жестов; em_1 — повествовательная эмоциональная окраска, em_2 — вопросительная эмоциональная окраска, em_3 — другие эмоциональные окраски.

Учитывая (1)-(3), инфологическую модель вербального и жестового языка представим следующим образом:



Рис. 2. Инфологическая модель словарей вербального и жестового языков

Использование предложенной инфологической модели требует создания следующей алгоритмической функциональности: добавление инфинитива, флексии и слова; получение инфинитива слова, его флексии; определение параметров словоизменения слова.

После получения инфологического представления словарей вербального и жестового языка нужно построить связанные обобщённые грамматические конструкции предложений. Под предложением будем понимать последовательность слов языка и знаков препинания. Под грамматической конструкцией предложения будем понимать последовательность слов языка, относящихся к частям речи, которые передают смысл (в предложении отбрасываются служебные слова). Будем различать грамматические конструкции по количеству слов, которые в них входят. Элементами грамматических конструкций будут множества слов, встречающихся в предложениях, составляющих обучающую выборку:

$$Gr = \{Gr_i = \{seq_i \in Seq \mid p \in P, In, num\}, \\ GStr_i = \{gseq \in Gseq \mid pges \in PGes, num, gesnum\}, \quad (4)$$

где num — номер элемента в структуре предложения украинского языка, $gesnum$ — номер элемента в структуре предложения жестового языка, In — множество параметров словоизменения слова, P — множество частей вер-

бального языка, $PGes$ — множество частей жестового языка, W — множество слов вербального языка, Ges — множество жестов,

$$Seq = \{Seq_i : Seq_i = \{word_j \in W : word_j \in W, n\}, \quad (5)$$

где n — номер слова в последовательности,

$$Gseq = \{Gseq_i : Gseq_i = \{ges_j \in Ges : ges_j \in Ges, n\}, \quad (6)$$

где n — номер жеста в последовательности.

Для представления грамматических конструкций (4) предложена следующая инфологическая модель (рис. 3).

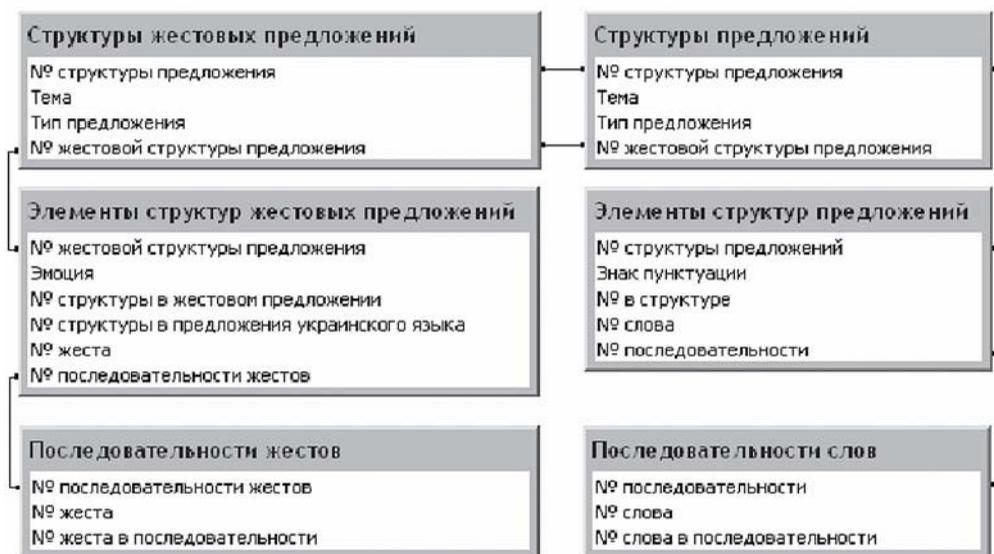


Рис. 3. Инфологическая модель связей между структурами предложений и структурами жестовых предложений

Работа с данной инфологической моделью требует создания следующей алгоритмической функциональности: создание последовательности слов, создание последовательности жестов, создание структуры предложения, создание структуры жестового предложения, получение номера структуры предложения для предложения на вербальном языке, получение номера структуры жестового предложения по номеру структуры предложения на украинском языке.

После получения множества грамматических конструкций проведём обобщение каждого из множеств элементов, входящих в него. Под обобщением будем понимать представление каждой из полученных множеств как комбинацию конкретных грамматических категорий и частей речи:

$$GGr = \{GGr_i = \{p_j \in P, In_j \in In, num\}, \quad (6)$$

$$GStr_i = \{pges \in PGes, num, gesnum\}.$$

Инфологическая модель для обобщённых грамматических конструкций представлена на рис. 4 (с. 26).

Для работы с данной инфологической моделью нужно предложить следующую алгоритмическую функциональность: получение номера обобщённой структуры для предложения вербального языка, получение обобщённой жестовой конструкции по номеру обобщённой структуры вербального языка.

Кроме определения структуры предложения необходимым для перевода является наличие соответствия слов жестам. Используя соответствия между структурами предложений и структурами жестовых предложений, было выделено множество соответствий «слово → жест». В таблице «Соответствие слов жестам» содержится № слова и № соответствующих ему жестов.

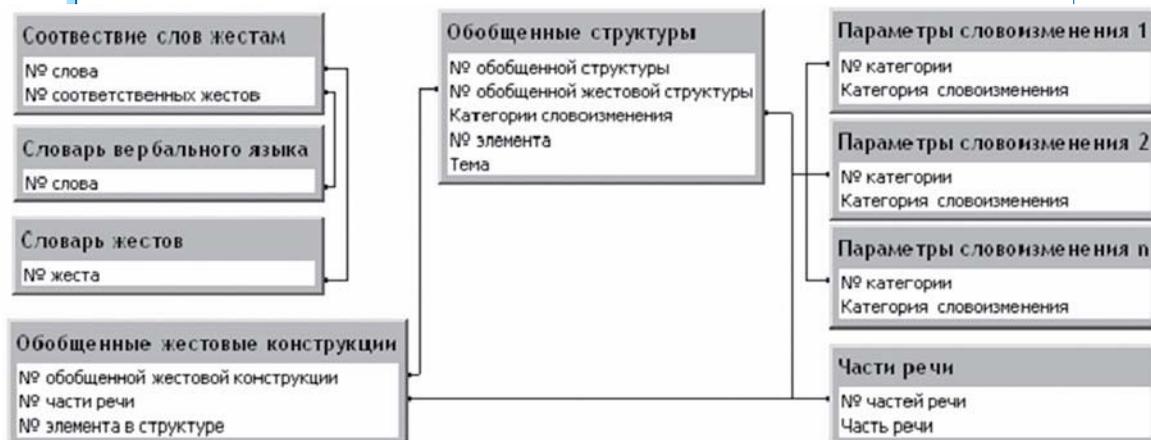


Рис. 4. Инфологическая модель связей между обобщенными структурами предложений и обобщенными жестовыми конструкциями

Для получения соответствий «слово → жест» для каждой структуры предложения из таблицы «Структуры предложений» и соответствующей ей жестовой структуры предложения из таблицы «Структуры жестовых предложений» было получено соответствие между последовательностями слов и последовательностями жестов. Используя данные соответствия, из таблиц «Последовательности слов» и «Последовательности жестов» была сформирована таблица «Соответствие слов жестам». При наличии неоднозначных соответствий «слово → жест» такая инфологическую модель не даёт возможности получить чёткое отношение между множеством слов и жестов. Если одному слову соответствует несколько жестов, для выбора правильного жеста используются отношения между предложениями «Структуры предложений» и «Структуры жестовых предложений» с учетом тематики предложения. В случае если нескольким словам соответствует один жест, трудностей в получении соответствия «слово → жест» не возникает.

Для автоматизированного перевода текста с украинского языка на жестовый язык предложен следующий алгоритм (рис. 5, с. 27):

1. Предложение поступает на вход, выполняется поиск словосочетаний в предложении.
2. Используя «Словарь вербального языка», для каждого из слов или словосочетаний из таблицы «Словарь вербального языка» определяются параметры словоизменения.
3. На основе параметров словоизменения каждого из слов определяется обобщенная конструкция предложения вербального языка.
4. Если соответствующая обобщенная конструкция не найдена, выполняем поиск похожей по структуре конструкции. В таблице «Обобщенные структуры» выполняем поиск обобщенной структуры предложения, которая частично соответствует входным параметрам: все элементы структуры, кроме одного, соответствуют словам входного предложения.

5. Найдя обобщённую структуру предложения, получаем соответствующую ему обобщённую жестовую конструкцию из таблицы «Обобщённые жестовые конструкции по связанному полю [№ обобщённой жестовой конструкции]».
6. Для каждого из слов входного предложения выполняется поиск соответствий «слово → жест», используя таблицы «Соответствие слов жестам», «Словарь вербального языка» и «Словарь жестов».
7. Если найден обобщённая структура предложения вербального языка, соответствующая ей обобщённая жестовая конструкция и все соответствия «слово → жест», то для полученной конструкции жестового языка, используя соответствия «слово → жест», выводится результат.
8. Если найдена обобщённая структура предложения вербального языка, которая частично совпадает со структурой входного предложения, выполняется попытка прогноза перевода. Вместо обобщённой структуры предложения используется структура, которая частично совпадает с входной, и на её основе, используя соответствия «слово → жест», строится жестовое предложение.
9. Если не найдено обобщённых структур, частично совпадающих со структурой входного предложения, то оно добавляется в статистическую базу для дальнейшей обработки. Если для какого-то из слов предложения не найдено соответствующего жеста, слово обозначается в статистической базе для дальнейшей обработки.
10. Получив результат, пользователь выбирает один из вариантов:
 - Результат удовлетворительный. Предложение обозначается как правильное и добавляется в статистическую базу.
 - Результат неудовлетворительный и правится вручную. После этого в статистическую базу вносится и исправленный и предложенный вариант, для обеспечения принятия решений в дальнейшем.
11. В случае если не найдена обобщённая структура предложения, соответствие «слово → жест», или результат перевода неудовлетворительный — уполномоченный переводчик может добавить новую конструкцию перевода, изменить существующую, установить соответствие «слово → жест» или добавить новый жест.



Рис. 5. Алгоритмическая схема автоматизированного перевода



Экспериментальные результаты и обсуждение

Для проверки эффективности предложенной технологии перевода было реализовано соответствующее программное приложение. С помощью предлагаемой технологии был введен словарь украинского и жестового языков, получено множество из 2 млн слов украинского языка и 3200 жестов. В результате перевода множества предложений с украинского на жестовый язык и группировки их в грамматические конструкции было получено 1050 конструкций перевода. После проведения анализа конструкций перевода было получено 293 обобщенных конструкции перевода.

Было использовано множество из 10 тыс. предложений, взятых из программы изучения украинского жестового языка для специализированных школ. Предложения содержат жесты из множества тем, которые используются людьми с нарушениями слуха для повседневного общения. При тестировании на предложениях, взятых из программы изучения украинского языка жестов, получен однозначный перевод без искажения смысла в 100% случаев. Так же успешным был перевод с использованием других предложений с тем же словарным запасом.

Выводы

Для обеспечения автоматизированного перевода с украинского на ЖЯ были построены модели словарей украинского и ЖЯ. На их основе создано множество конструкций для украинского и ЖЯ, позволяющих производить перевод фиксированного множества предложений, используемых глухими в повседневной жизни. Произведено обобщение полученных конструкций для перевода на основе структуры категорий словоизменения элементов предложений.

Дальнейшие исследования направлены на создание на основе предложенной информационной технологии веб-приложения, которое позволило бы выполнять перевод в режиме online, тестирование предложенной технологии большим количеством предложений, сбор статистики использования конструкций для перевода.

Литература

1. *Stokoe W.* Sign language structure: An outline of the visual communication systems of the American Deaf. Studies in linguistics, occasional papers 8. Silver Spring, MD: Linstok Press., 1960. 94 p.
2. *Зайцева Г.Л.* Жестовая речь. Дактилология: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. 192 с.
3. *Tomlin R.S.* Basic word order. Fundamental principles. London: Croom Helm, 1986. 308 p.
4. *Харламов А.А., Ермоленко Т.В., Дорохина Г.А., Гнисько Д.С.* Метод выделения главных членов предложения в виде предикативных структур, использующих минимальные структурные схемы // Речевые технологии. 2012. № 2. С. 75–85.
5. *Адамюк Н.Б., Чепчина И.И.* Синтаксические особенности украинского жестового языка: на примере простого предложения // Жестова мова і сучасність. 2009. № 4. С. 170–191 (на украинском языке).
6. *Воскресенский А.Л., Хахалин Г.К.* От звучащей речи — к жестовой // Речевые технологии. 2009. № 1. С. 99–106.

7. Широков В.А. Феноменология лексикографических систем . К.: Наук. Думка, 2004. 327 с. (на украинском языке).

8. Крак Ю.В. Обобщенные грамматические конструкции для автоматизированного перевода с украинского на украинский жестовый язык / Ю.В. Крак, А.В. Бармак, С.А. Романишин // Искусственный интеллект. 2011. № 3. С. 136–146 (на украинском языке).

Сведения об авторах

Крак Юрий —

доктор физико-математических наук, профессор Киевского национального университета им. Т. Шевченко, старший научный сотрудник Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины. Специалист в области искусственного интеллекта, анализа и синтеза голосовой и жестовой коммуникационной информации. Автор около 350 научных работ.

Бармак Александр —

кандидат технических наук, доцент Хмельницкого национального университета. Специалист в области анализа и синтеза жестовой коммуникационной информации. Автор около 100 научных работ.

Романишин Сергей —

аспирант Хмельницкого национального университета. Круг научных интересов включает задачи перевода с вербальных языков на жестовые глухих людей.