

### **ПАРАМЕТРЫ ОПИСАНИЯ ДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СМЫСЛА ТЕКСТА В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Обсуждается способ представления смыслов глаголов пространственных действий в системах, переводящих текст в изображение, в частности, в системе машинного сурдоперевода для русского жестового языка.

*Ключевые слова:* глаголы пространственных действий, русский жестовый язык, классификаторные предикаты, машинный перевод, параметризованные представления действий.

Существует ряд прикладных задач, для решения которых требуется создание автоматической системы визуализации смысла естественно-языкового текста, описывающего пространственные движения виртуальных предметов или персонажей. Взаимодействуя с подобной системой, человек словесно описывает произвольные пространственные действия, а компьютер изображает эти действия на экране монитора. По сути, речь идет о переводе представления смысла из одной модальности (текстовой) в другую (пространственную). Такой перевод, в отличие от межъязыкового, может быть назван межмодальным. К числу задач, требующих преобразования текстовых описаний пространственных действий в трехмерные движения, осуществляемые компьютерным изображением человека, относится задача автоматизации сурдоперевода.

Жестовые языки (в отличие от дактильной азбуки и калькирующей речи) являются самостоятельными полноценными знаковыми системами. В них присутствует особый вид знаков (называемых «классификаторными предикатами»), служащих для представления пространственных действий и

имитирующих обозначаемое движение (его траекторию, скорость и т. д.). Форма руки при исполнении такого знака имитирует целый класс объектов со сходными внешними признаками. Анализ существующих систем машинного перевода для жестовых языков [Huenerfauth, 2006] показал, что оптимальным вариантом является построение многоходового переводчика, в котором предусмотрены разные алгоритмы перевода для различных типов текстов, в частности, для текстов, содержащих классификаторные предикаты, используется семантический язык-посредник (интерлингва), служащий единым промежуточным средством описания смыслов.

Системы автоматического перевода для жестовых языков, отличных от русского, начали разрабатывать около 20 лет назад. Для русского жестового языка таких систем пока нет, работа в этом направлении началась сравнительно недавно. В Новосибирском государственном техническом университете создается система машинного перевода для русского жестового языка [Гриф, Королькова, 2011; Гриф и др., 2011; Гриф, Тимофеева, 2012]. В этой системе предполагается использовать семантиче-

ский язык-посредник, ориентированный на перевод текстов, содержащих классификаторные предикаты.

Далее обсуждается предлагаемый способ описания смысла глаголов, ориентированный на визуализацию действий в трехмерном пространстве и предназначенный, в частности, для построения интерлингвы в системе машинного перевода для русского жестового языка.

По сути, речь идет о создании специфического словаря глаголов, обозначающих пространственные действия. Предлагаемый метод основывается на выявлении системы параметрически настраиваемых семантических элементов, которые можно уподобить семам. Однако в данном случае семы – это такие элементы смысла, которые одновременно представляют собой типы элементов пространственных движений, а возможности комбинирования и параметрической настройки сем образуют искусственный визуализируемый язык, достаточный для представления произвольных движений виртуальных предметов и персонажей.

Для английского языка подобный словарь глаголов существует и используется в системах визуализации смысла естественноязыкового текста. В отличие от обычного словаря (dictionary) его называют Actionary [Badler et al., 2000]. Для русского языка аналогов пока нет. Весьма полезным для построения такого словаря источником информации о русских глаголах пространственных действий является *Экспериментальный синтаксический словарь* [Русские глагольные предложения..., 2002], систематизированным образом описывающий семантические модели русских глагольных предложений. Однако этот словарь, имея сугубо лингвистическое назначение, не отражает внелингвистической информации, необходимой для визуализации движений, и поэтому может быть использован лишь как база для составления списка глаголов, подлежащих описанию, и их предварительной классификации.

Сложность описания смыслов глаголов пространственных действий обусловлена необходимостью установить соответствие между двумя модальностями: вербальной и пространственной. Во втором случае смысл слова нужно не просто передать с помощью произнесения или написания, а **показать** посредством пространственного движения.

Рассмотрим, например, глагол «двигаться». Смысл данного глагола столь абстрактен, что подходит для обозначения очень разных по своему исполнению действий, в частности, тех, которые описаны в следующих предложениях (в скобках указаны более конкретные глаголы, которые могли бы быть использованы в соответствующей ситуации).

1. *Человек вышел из автомобиля и двигается к своему подъезду (идет, шагает).*

2. *Хромой человек с трудом двигается по направлению к стулу (ковыляет).*

3. *Корабль двигается к берегу (плывет).*

4. *Змея бесшумно двигается к кролику (ползет).*

5. *Дирижабль двигается над деревьями (летит).*

6. *Рыба двигается по направлению к берегу (плывет).*

7. *Лягушка двигается к дальнему озеру (прыгает).*

8. *Белка двигается к вершине дерева (поднимается).*

9. *Паук, зависнув на паутине и растягивая ее, (медленно) двигается к своей жертве (спускается).*

10. *Летучая змея сначала прыгает к небу, а затем двигается к земле под углом примерно 25° (планирует).*

При переводе этих предложений с русского на английский язык достаточно будет найти столь же абстрактное обозначение перемещения, как и глагол *двигаться*, например, глагол *to move*. Чтобы не просто назвать, а показать действие, надо детализировать способ его совершения (степень детализации ограничена, в частности, техническими возможностями средств визуализации). Информация о способе детализации частично извлекается из текста. Для этого может понадобиться знание о том, что / кто перемещается и какой способ перемещения типичен. Например, для человека типично шагание, для лягушки – прыгание, человек ходит по земле, дирижабль двигается в воздухе. Параметры движения могут уточняться на основе контекстной информации (например, *медленно, к вершине дерева*). Слова и словосочетания, позволяющие детализировать обозначенное глаголом действие, рассматриваются как модификаторы действий.

Различия между действиями (1)–(10) удобно представлять в виде набора настраи-

ваемых параметров (среда, скорость, направление и т. д.), каждому из которых соответствует свое конечное множество возможных значений. Желательно не использовать лишних параметров и значений, не влияющих на возможности представления действий.

Для иллюстрации принципов выбора параметров и их возможных значений рассмотрим приведенный выше пример с глаголом *двигаться*.

Названное действие нужно показать, локализовав определенным образом в пространстве. Поэтому для описания каждого движения понадобится информация о направлении движения, среде (предметы, движущиеся в воздухе, должны быть локализованы выше, чем движущиеся по поверхности земли), скорости (для ситуации одновременного присутствия предметов, движущихся с разной скоростью), траектории и средстве движения.

Для описания ситуаций (1)–(10) можно предложить следующий набор параметров и их возможных значений:

$p_1$  – **направление** движения, множество возможных значений  $A_1 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ , где 1 – горизонтально, 2 – вертикально вверх, 3 – вертикально вниз, 4 – наклонно вверх, 5 – наклонно вниз;

$p_2$  – **среда**, в которой происходит движение,  $A_2 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ , где 1 – водная, 2 –

воздушная, 3 – подземная, 4 – на грани между земной поверхностью (включая расположенные на ней предметы) и воздухом, 5 – на грани между земной поверхностью (включая расположенные на ней предметы) и водой, 6 – на грани между водой и воздухом;

$p_3$  – **скорость** движения,  $A_3 = \{1, 2, 3\}$ , где 1 – обычная, 2 – замедленная, 3 – убыстренная;

$p_4$  –  $p_5$  – **особенности траектории** движения:

$p_4$  – **отклонения вверх / вниз** по отношению к основной линии движения,  $A_4 = \{1, 2, 3\}$ , где 1 – без существенных вертикальных колебаний, 2 – периодически опускаясь вниз и поднимаясь обратно, 3 – периодически поднимаясь вверх и опускаясь обратно;

$p_5$  – **отклонения в стороны** относительно основной линии движения,  $A_5 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ , где 1 – без отклонений, 2 – с попеременными отклонениями влево / вправо, 3 – уклоняясь влево, 4 – уклоняясь вправо;

$p_6$  – **средство** движения,  $A_6 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ , где 1 – перестановка ног, 2 – отталкивание ногами, 3 – извивание всего тела, 4 – использование (живым существом) внешних приспособлений, 5 – средства передвижения транспорта.

Опишем с помощью введенных параметров ситуации (1)–(10) (см. таблицу).

№	Направление ( $p_1$ )	Среда ( $p_2$ )	Скорость ( $p_3$ )	Особенности траектории		Средство ( $p_6$ )	Ситуация
				отклонения вверх / вниз ( $p_4$ )	отклонения в стороны ( $p_5$ )		
1	1	4	1	1	1	1	<i>Человек идет / шагает</i>
2	1	4	1	2	1	1	<i>Хромой человек ковыляет</i>
3	1	6	1	1	1	5	<i>Корабль плывет</i>
4	1	4	1	1	2	3	<i>Змея ползет</i>
5	1	2	1	1	1	5	<i>Дирижабль летит</i>
6	1	1	1	1	2	3	<i>Рыба плывет</i>
7	1	4	1	3	1	2	<i>Лягушка прыгает</i>
8	2	4	1	1	1	1	<i>Белка поднимается</i>
9	3	1	1	1	1	4	<i>Паук спускается на паутине</i>
10	5	2	2	1	2	3	<i>Летучая змея планирует</i>

Ту же информацию можно записывать кратко в виде упорядоченных последовательностей из шести чисел, например, ситуации *человек идет / шагает* соответствует запись  $\langle 1, 4, 1, 1, 1, 1 \rangle$ .

Отметим несколько существенных моментов.

1. В таблице приведены описания только тех ситуаций, которые считаются простыми. Замедленный вариант совершения действия считается производной (т. е. сложной) ситуацией, а наречие *медленно* рассматривается как модифицирующая функция (модификатор)  $m$ , воздействующая на описание ситуации движения с обычной скоростью. В общем случае эта функция определяется так:

$$m(\langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \rangle) = \langle x_1, x_2, 2, x_4, x_5, x_6 \rangle.$$

В данном случае:

$$m(\langle 3, 1, 1, 1, 1, 4 \rangle) = \langle 3, 1, 2, 1, 1, 4 \rangle.$$

Ту же функцию  $m$  можно было бы применить для модификации других ситуаций, например:

$$m(\langle 1, 4, 1, 1, 1, 1 \rangle) = \langle 1, 4, 2, 1, 1, 1 \rangle$$

преобразует ситуацию 1 в ситуацию *Человек медленно идет*.

2. Ситуации 1 и 2 различаются только значением параметра  $p_4$ ; ситуации 3 и 5 – только значением параметра  $p_2$ . Это означает, что введение данных параметров необходимо для описания данного множества действий.

3. В предложениях (3) и (6) представлены два отличающиеся друг от друга варианта глагола *плыть*. Показывать эти действия нужно по-разному. Такая возможность будет обеспечиваться наличием параметров, характеризующих движения рыбы и корабля (особенности траектории и средство). Это означает, что введение данных параметров также необходимо.

4. Параметр  $p_3$  во всех рассмотренных ситуациях имеет значение 1 или 2. Значение 3 не встретилось ни разу. Если ограничиться только набором ситуаций (1)–(10), то данное значение можно исключить из множества  $A_3$ . Если же добавится еще один тип ситуаций, например, *Белка стремительно двигается к вершине дерева (бежит)*, то это

значение следует оставить в  $A_3$ . Аналогичным образом можно рассуждать насчет ряда других параметров.

5. Можно предусмотреть еще одну возможную особенность траектории движения в ситуации 8: движение по спирали, вокруг ствола дерева:

$p_7$  – **вращение** относительно основной линии движения,  $A_7 = \{1, 2\}$ , где 1 – без вращения, 2 – с вращением вокруг предмета, расположенного вдоль основной линии движения.

Если предполагать, что в ситуации 9 паук, висая на паутине может вращаться вокруг собственной оси, то в множество  $A_7$  надо включить еще один элемент:  $A_7 = \{1, 2, 3\}$ , где 3 – вращение вокруг собственной оси.

6. Может возникнуть вопрос: зачем разделять параметры  $p_4, p_5, p_7$ , относящиеся к группе «особенности траектории», нельзя ли считать все перечисленные особенности возможными значениями только одного параметра? Это было бы менее удобно, так как указанные свойства траектории, вообще говоря, независимы: теоретически могут появиться любые их комбинации. Например, одновременно отклоняться вверх / вниз и в стороны, одновременно вращаться вокруг своей оси и отклоняться в стороны и т. д. Общее количество таких комбинаций равно  $3 \times 5 \times 3$  (количество вариантов отклонения вверх / вниз  $\times$  количество вариантов отклонения в стороны  $\times$  количество вариантов вращения). Суммарное количество значений при использовании трех параметров  $p_4, p_5, p_7$  составляет меньшую величину ( $3 + 5 + 3$ ). Однако если рассматриваемые множества глаголов и модификаторов таковы, что многие из комбинаций невозможны, то замена трех параметров одним оправдана.

7. Параметры  $p_5$  и  $p_6$  для некоторых типов ситуаций коррелированы:  $p_5 = 2$  тогда и только тогда, когда  $p_6 = 3$ . На этом основании можно было бы ввести имплицитное правило типа: «всякий движущийся объект отклоняется при движении влево / вправо тогда и только тогда, когда он использует в качестве средства движения извивание всего тела». Такое правило позволило бы указывать для данного типа ситуаций только один из двух названных параметров. Однако это возможно лишь в случае однотипности движущихся предметов и существ. Например, если добавить ситуацию *Мышь, прыгая из стороны в сторо-*

ну, постепенно двигается по направлению к норе, то данная возможность пропадает, так как в этой ситуации  $p_5 = p_6 = 2$ .

Таким образом, параметры, их возможные значения и имплицативные правила предопределяются рассматриваемыми ситуациями движения, множествами глаголов и модификаторов.

Построение базы глаголов, ориентированной на визуализацию пространственных действий, сопряжено с решением ряда других проблем. Однако краткое перечисление здесь этих проблем было бы лишено необходимой ясности, а их подробное описание превысило бы допустимые размеры одной статьи.

### Список литературы

Гриф М. Г., Демьяненко Е. А., Королькова О. О. Разработка технологий компьютерного сурдоперевода непрерывной русской речи на разговорный русский жестовый язык // Автоматизированные системы и информационные технологии: Материалы Рос. науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. С. 59–68.

Гриф М. Г., Королькова О. О. Разработка компьютерного сурдопереводчика звучащей

речи на разговорный русский жестовый язык / Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы XI Междунар. науч.-метод. конф. Воронеж, 2011. Т. 1. С. 206–208.

Гриф М. Г., Тимофеева М. К. Проблема автоматизации сурдоперевода с позиции прикладной лингвистики // Сибирский филологический журнал. 2012. № 1. С. 211–219.

Русские глагольные предложения: Экспериментальный синтаксический словарь / Под ред. Л. Г. Бабенко. М.: Флинта; Наука, 2002. 464 с.

Badler N. I., Bindiganavale R., Allbeck J., Schuler W., Zhao L., Lee S.-J., Shin H., Palmer M. Parameterized Action Representation and Natural Language Instructions for Dynamic Behavior Modification of Embodied Agents. 2000. AAAI Technical Report SS-00-02. 5 p.

Huenerfauth M. Generating American Sign Language Classifier Predicates for English-to-ASL Machine Translation: Doctoral Dissertation in Computer and Information Science. University of Pennsylvania Philadelphia, USA, 2006. 312 p.

Материал поступил в редколлегию 30.03.2012

М. К. Timofeeva

### PARAMETERS OF ACTION REPRESENTATIONS FOR SYSTEMS THAT VISUALIZE TEXTUAL SENSES IN THREE-DIMENSIONAL SPACE

This article discusses the way of describing verbs senses for verbs designating spatial actions. These descriptions are designed for systems that transform a textual representation of spatial action into its visual representation on a computer screen, in particular for the machine translation system for Russian sign language.

*Keywords:* verbs of spatial actions, Russian Sign Language, classifier predicates, machine translation, parameterized action representation.