

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ «СИЛОВЫХ» ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИМИ

Соснин П.И.

Ульяновский Государственный технический университет  
[sosnin@ulstu.ru](mailto:sosnin@ulstu.ru)

Ключевые слова: машинный перевод, прологоподобное представление, визуализация знаков, граф-схема, силовое взаимодействие, интерактивная модель предложения.

Сформулирована задача визуализации структуры предложения деловой прозы в контексте интерактивного процесса его «машинного перевода» в прологоподобное представление. Получено и запрограммировано решение задачи визуализации, которое построено как система интерактивных действий, приводящих к созданию и использованию интерактивной модели исследуемого предложения. Задача визуализации сформулирована как оптимизационная задача по поиску устойчивых состояний взаимодействующих частиц (знаков предложения) в силовом поле, ограниченном прямоугольником. Испытания разработанной программы подтвердили правомерность выбора «силовой интерпретации» отношений между элементами предложения и её удобства для пользователя в контексте действий по переводу предложений в прологоподобную форму.

## 1. Введение

Одним из источников полезных эффектов, воздействующих на рассуждения  $R(t)$ , проводимые в процессах решения задач, является использование механизмов машинного перевода в работе с текстами  $R(t)$ . Имитация машинного перевода включает в процесс рассуждений комплекс аналитико-оценочных и синтезирующих действий, позволяющих обнаружить в  $R(t)$  ошибки и дефекты, в частности те, которые связаны с неадекватным употреблением знаков.

Автором исследованы механизмы имитации, используемые в отмеченном выше смысле, в которых роль языка семантики выполняет прологоподобный язык. Исследования доведены до разработки инструментальных средств, в процессе которой было решено ориентироваться на пользователя далекого от лингвистических знаний, но принимающего интерактивное участие в основных действиях по машинному переводу.

По ходу разработки испытывались различные интерактивные модели, как текста рассуждений, так и входящих в его состав предложений. В построениях интерактивных моделей предложений особо трудной для реализации оказалась спецификация «удобство пользователя». Неудобными оказались модели предложения, в которых от пользователя требовалось проводить различного рода разметки их знаков, включающие интерактивные выделения групп, расстановки скобок и меток в символьной записи. В результате, было решено перейти к интерактивным моделям предложений в виде граф-схем, взаимодействуя с которыми пользователь использовал визуальную комбинаторику, связывания и группирования, как бы участвуя в визуальной игре. В таком переходе использовался опыт построения граф-схем, представленный в информационных источниках [1-3].

## 2. Базовые предпосылки

В основу построений визуальной интерактивной модели предложения положена материализация знакового состава предложения и связей между знаками, которая включает:

- приписывание знакам геометрических размеров на плоскости, а также значений «масс» и «зарядов»;
- представление последовательности записи знаков через совокупность пружинных связей, свойства которых подобны свойствам реальных пружин;

- имитацию силового взаимодействия между «моделями знаков», «связями» и «средой», включающую «гравитационное взаимодействие», «кулоновское взаимодействие», «силы упругости» и «силы трения»;

- граничные условия, запрещающие выход геометрических изображений знаков за рамки их области размещения (прямоугольная область на экране дисплея).

Переход к такой модели предложения согласован с задачей «автоматизированного интерактивного формирования связной совокупности групп знаков», решение которой приводит к выделению:

- групп знаков, разделяющих сложное предложение на простые предложения;
- подгрупп сказуемого, подлежащего и дополнения (если оно есть) для каждого из выделенных простых предложений.

Особое внимание уделяется выделению подгрупп, так как именно такие совокупности знаков используются для представления «предикатной группы» и «предметных составляющих» в записи каждого простого предложения в прологоподобной форме одного из следующих видов:

«предикатная группа» («предметная составляющая»),

«предикатная группа» («предметная составляющая 1»), «предметная составляющая 2»).

### 3. Детализация

Представим детальнее идеи и основные действия, используемые для построения и применений интерактивной модели предложения. Построения модели конкретного предложения начинаются:

1) С приписывания его знакам (от пробела до пробела) геометрической формы. Роль такой формы для каждого знака выполняет прямоугольник, размеры которого достаточны для размещения кода знака.

2) Геометрическая версия записи предложения «переписывается» в область размещения по её центру в колонку по 2-3 знака, подготавливая тем самым начальное состояние модели, с которого начнут работать силовые механизмы.

3) Производится первоначальная установка параметров: исходная и одинаковая «масса» знаков, исходная и одинаковая длина «пружин», интерактивная установка одинаковых «зарядов» всем существительным и глаголам.

4) Включается режим силового взаимодействия, который автоматически приводит к «состоянию равновесия». Длительность переходного процесса и колебательность могут быть уменьшены за счёт управления параметром трения.

5) Если конфигурация знаков не даёт ясной картины группирования знаков, то включается в работу интерактивное изменение конфигурации. Для такого воздействия на модель предложения в любом состоянии её равновесия используется интерактивный контакт пользователя: с любым знаком для изменения его «массы», «заряда» или местоположения; с любой связью для изменения параметров «пружины», её отключения или включения; с областью размещения для изменений параметра трения; со всеми знаками для их «встряхивания» как целого, что способно привести к новому состоянию с изменённой конфигурацией знаков.

6) В приемлемой конфигурации знаков производится выделение групп и подгрупп и приписывание им значения в соответствии с их ролью в исследуемом предложении. Результаты группирования используются для формирования прологоподобных форм.

#### 4. Динамика силового взаимодействия

Реализация основной идеи начиналась без учёта «гравитационного взаимодействия» между знаками. В таком случае сила, действующая на объект момент времени  $t$ , будет вычисляться по следующей обобщенной формуле:

$$\vec{F}(t) = \sum \vec{F}_{nc}(t) + \sum \vec{F}_{\kappa}(t) + \vec{F}_{mp},$$

где:

$\vec{F}_{nc}$  - сила натяжения связи (сила упругости пружины),  $\vec{F}_{in} = -k\Delta x$ ,  $k$  – коэффициент упругости пружины,  $\Delta x$  – отклонение от номинальной длины пружины;

$\vec{F}_{\kappa}$  - сила «кулоновского взаимодействия», вычисляемая по формуле

$$\vec{F}_{\epsilon} = \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

где  $q_1$  и  $q_2$  – заряды знаков,  $r$  – расстояние между знаками;

$\vec{F}_{\delta\delta}$  - сила трения, возникающая при перемещении знака по поверхности и вычисляемая по формуле  $F_{\delta\delta} = -\mu m g$ .

Основная идея, которая была положена в физическую модель размещения, заключается в том, что у системы знаков и пружин (слов и связей между словами соответственно) может быть множество устойчивых состояний. Критерием устойчивого состояния для данной модели будет выражение:

$$\sum_{i=1}^n \Delta S_i(t) \leq const, \quad \Delta S_i(t) = \left| \frac{F_i \Delta t^2}{2m_i} \right|,$$

где  $\Delta S_i(t)$  - очередное перемещение  $i$ -го знака по направлению результирующей силы за время очередного такта  $\Delta t$ , значение  $const$  выбрано экспериментально.

Вторая идея, которая больше является естественным ограничением моделирования, чем идеей – это дискретность времени. Даже при больших вычислительных мощностях мы можем моделировать процесс только с заведомо заданной точностью. Суть в том, что за один такт знак может пройти только определенное расстояние, и в зависимости от его очередного положения на плоскости силовая картина может существенно измениться.

Скорость подачи информации не должна превышать определенного значения. Если взять, за максимум 24 кадра в секунду, то мы получим минимальный интервал для обсчета модели  $\Delta t = 0,0416$  секунды.

Экспериментально было установлено, что картина физической модели является не полной без гравитационного взаимодействия. Ввод силы гравитации, возникающей между двумя произвольными знаками, позволил последним, за счет возникающего притяжения, отталкиваться быстро, но не настолько быстро, чтобы оказаться на большом расстоянии друг от друга. После ввода силы гравитации общая формула уже выглядит следующим образом:

$$\vec{F}(t) = \sum \vec{F}_{nc}(t) + \sum \vec{F}_{\kappa}(t) + \vec{F}_{mp} + \sum \vec{F}_{gp}, \text{ где}$$

$\vec{F}_{\kappa}$  - сила гравитации между двумя знаками с массами  $m_1$  и  $m_2$ , вычисляемая по формуле

$$\vec{F}_{\epsilon} = \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Учёт гравитации позволил добиться плавности перемещения знаков, от чего процесс размещения знаков только выиграл. Из-за добавления гравитации несколько снизилась ско-

рость размещения. Но это можно считать несущественным, так как удалось избавиться от раздражающего пользователя фактора – чрезмерно быстродвигающихся объектов в поле размещения.

Для результирующего вектора силы, было введено понятие «*сверхмалой силы*», которая по модулю не превышает задаваемой пользователем константы. Так, если результирующий вектор для одного знака попадает под это условие, то он в расчётах не рассматривается и знак считается неподвижным в текущем такте. Неподвижными знаки так же могут считаться, если контуры их видимых областей пересекаются. Такое допущение было сделано после того, как стало ясно, что в некоторых случаях малые интервалы времени не дают возможности знакам разойтись за один такт.

## 5. Группирование

Вернёмся к основным задачам построения интерактивной модели предложения и взаимодействия с этой моделью. Одна из задач – выделить простые предложения в сложном предложении. Для решения этой задачи в общем случае потребовалось следующее:

- ввести специальные автоматические и интерактивные действия с типовыми разделителями сложных предложений на простые предложения;
- разработать средства для явного использования кодов подгрупп вместо любых типов ссылок на них, в том числе и в виде синонимических форм;
- предоставить пользователю средства для логического связывания простых предложений в соответствующее сложное, но уже в прологоподобной форме.

Другая важная задача – формирование подгрупп и подготовка их к обратному переводу в символическую запись. Для решения такой задачи был разработан набор рекомендаций, позволяющих воздействовать на характеристики группирования и улучшить визуальное выделение подгрупп в области размещения. Подготовка к переводу в символическую запись предполагает перенос каждой из подгрупп в специальный шаблон типового словосочетания, учитывающий наиболее общую его грамматическую форму и содержащий главное слово, зависимые от главного слова и зависимые от зависимых слов. Очередность позиций шаблона открывает возможность выстраивать зависимые коды по степени их важности для соответствующего им главного кода.

## 6. Заключение

Описанный подход к построениям, визуализации и использованию интерактивной модели предложения испытан и подтвердил свою пригодность для аналитического группирования знакового состава сложных предложений в процессах имитации машинного перевода с естественно-профессионального языка на прологоподобный язык. Визуализатор разработан в программной среде Borland C++ 5.0 с использованием отдельных компонент, разработанных с помощью Borland C++ Builder 3.0.

## Литература

- 1) AT&T Labs-Research. Graphviz - open source graph drawing software. // URL: <http://www.research.att.com/sw/tools/graphviz/>
- 2) Inxight VizServer // URL: <http://www.inxight.com/products/vizserver/>

3) Sun's Java Development Kit. //URL:

<http://java.sun.com/applets/jdk/1.1/demo/GraphLayout/>