Список литературы

[1] Вейль Г. Симметрия. М.: Наука, 1968.

[2] Жидков Н.П., Щедрин Б.М. Геометрия кристаллического пространства. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988.

[3] Скорняков Л.А. Элементы алгебры. М.: Наука, 1980.

[4] Смолянинов В.В. Структура, функция, управление – системно-конструктивный подход // Биологические мембраны. Т. 14. №6. 1997. С. 574–583.

[5] Смолянинов В.В. От инвариантов геометрий к инвариантам управления // Интеллектуальные процессы и их моделирование. М.: Наука, 1987. С. 66–110.

[6] Смолянинов В.В. Математические модели биологических тканей. М.: Наука, 1980.

[7] Шубников А.В., Копцик В.А. Симметрия в науке и искусстве. М.: Наука, 1972.

О восстановлении подтекста при трансляции мульти-медиа языков

Нгуен Дык Тхао

При трансляции текстовых описаний на видео-язык почти всегда возникает проблема восстановления подтекста. Это обусловлено особенностями естественного языка. В работе предлагается методика решения этой проблемы при трансляции пространственных и пространственно-временных отношений с ограниченного естественного языка на видео-язык.

Разработка мульти-медиа систем, обрабатывающих текстовую, графическую и звуковую информацию, началась сравнительно недавно. Назначением таких систем является усиление выразительных средств представления информации в ЭВМ. Существующие системы обладают рядом недостатков: они не способны визуализировать богатый набор пространственных и пространственно-временных (динамических) отношений, в них отсутствуют функции анализа сцены на основе знаний о физических и геометрических свойствах объектов, в них отсутствуют средства восстановления подтекста.

В работе предлагается методика решения проблемы адекватной трансляции пространственных и пространственно-временных отношений с ограниченного естественного языка на видео-язык. В этой методике большое внимание уделено восстановлению подтекста. Описан разработанный по этой методике динамический графический визуализатор.

Сначала рассмотрим трансляцию пространственных отношений между объектами (статических сцен). Статическую сцену будем называть кадром.

Обработка описания кадра начинается с опознавания объектов. Для этого составлен словарь объектов. Словарь разбит на классы, объекты которых имеют подобные графические образы. Например, объекты класса «мужчина», «юноша», «школьник» и «мальчик» отличаются параметром «рост». Этот параметр занесен в описание объекта вместе с названием «корневого» объекта. В настоящее время словарь объектов содержит около 500 слов.

После распознавания объектов для точного описания кадра достаточно задать расположение центров объектов и положения объектов относительно этих центров. Ввиду этого, база данных об объекте должна содержать описание его центра и оси (вектора, проходящего через центр). Таким образом, для описания сцены из n объектов достаточно задать взаимное расположение n точек (центров объектов) и n векторов (осей объектов).

Для простоты изложения ограничимся рассмотрением случая, когда объекты расположены на плоскости и не меняют своей внешней формы.

При текстовом описании положения объектов используются выражения типа «впереди», «сзади», «справа» и «слева», или «севернее», «восточнее», или «на юго-западе».

Для обработки таких текстов в компьютерных системах следует в первом случае использовать декартову систему координат, а во втором – полярную систему координат.

При текстовом описании расстояний между объектами используются выражения типа «далеко», «близко», «очень далеко» или «очень близко».

В зависимости от контекста с использованием словаря пространственных отношений этим лексемам присваиваются конкретные значения.

При лингвистической обработке текста выявляются физические габариты кадра, на основании которых выбираются масштабы графических образов всех его объектов.

При отображении взаимного расположения центров объектов на мониторе компьютера начало координат O обычно выбирают ...

в центре монитора, либо в нижней левой его точке. Отметим, ... графических пакетах начало координат является верхней левой ... кой экрана монитора.

Для работы в декартовой системе координат ось OX (OY) на... вим слева-направо (сверху-вниз) и введем отношение $D(A, B, x$... истинное при

$$x = x_B - x_A\,, \qquad y = y_B - y_A\,,$$

где (x_A, y_A) $((x_B, y_B))$ – декартовы координаты объекта A (объе... B). Отметим, что, например, при $x > 0$ и $y < 0$ объект B находи... правее и ниже объекта A. Отметим, что в графических пакетах ... OY направлена сверху-вниз.

При работе с n объектами $A_1, A_2, ..., A_n$ параметры истинно... любого из $n(n-1)/2$ отношений $D(A_i, A_j, x_{i,j}, y_{i,j})$, $1 \leqslant i < j \leqslant$ ... можно вычислить по параметрам истинности n отношений $D(O, A_i, x_i, y_i)$, $1 \leqslant i \leqslant n$, по формулам

$$x_{i,j} = x_j - x_i\,, \qquad y_{i,j} = y_j - y_i\,.$$

Для работы в полярной системе координат полярную ось обыч... направляют либо снизу-вверх, либо слева-направо. Введем отнош... ние $P(A, B, \rho, \alpha)$, истинное в следующей (единственной) ситуаци... объекты A и B (точнее их центры) находятся на расстоянии ρ ... угол между полярной осью и вектором $\overrightarrow{AB}$ равен α. Отметим, ч... если полярная ось направлена снизу-вверх, $\rho > 0$ и $\alpha = 45°$, то объек... B находится северо-западнее объекта A.

При работе с n объектами $A_1, A_2, ..., A_n$ параметры истинност... любого из $n(n-1)/2$ отношений $P(A_i, A_j, \rho_{i,j}, \alpha_{i,j})$, $1 \leqslant i < j \leqslant n$ ... можно вычислить по параметрам истинности n отношений $P(O, A_i, \rho_i, \alpha_i)$, $1 \leqslant i \leqslant n$, по формулам

$$\rho_{i,j} = \sqrt{(\rho_j \cos\alpha_j - \rho_i \cos\alpha_i)^2 + (\rho_j \sin\alpha_j - \rho_i \sin\alpha_i)^2}$$

$$\alpha_{i,j} = \operatorname{arctg} \frac{\rho_j \sin\alpha_j - \rho_i \sin\alpha_i}{\rho_j \cos\alpha_j - \rho_i \cos\alpha_i}\,.$$

Пусть декартова и полярная системы координат имеют общее начало и ось OX совпадает с полярной осью. Отметим некоторые свойства введенных отношений. Для любых $A, B, x, y, \rho\ \alpha$ имеют место следующие соотношения

$$D(A, B, x, y) = D(B, A, -x, -y)\,,$$

$$P(A, B, \rho, \alpha) = P(B, A, \rho, \alpha - \pi)\,,$$

$$D(O, A, x, y) = P(O, A, \sqrt{x^2 + y^2}, \operatorname{arctg} \frac{y}{x}) \quad \text{и}$$

$$P(O, A, \rho, \alpha) = D(O, A, \rho \cos \alpha, \rho \sin \alpha)\,.$$

Описание сцены будем считать непротиворечивым, если в ка ждом ее кадре графические образы всех его объектов не пересе каются.

Выявление непротиворечивости сцены может оказаться довольн трудоемким. Обычно задаются габариты объектов, а поворот фигу в большинстве программ осуществляется относительно центра га баритного прямоугольника, который может не совпадать с центро объекта.

Габаритным кругом объекта назовем круг минимального ради уса с центром в центре объекта такой, что объект целиком лежит этом круге. Радиус этого круга назовем R-габаритом объекта. Д статочным условием непротиворечивости кадра будет выполнен условий

$$\rho_{i,j} \geqslant R_i + R_j\,,\ 1 \leqslant i < j \leqslant n\,,$$

где R_k – R-габарит k-го объекта.

Перейдем теперь к вопросам трансляции динамических сцен

Содержательно динамическая сцена задается изменением во вре мени положений ее объектов. Для отображения динамической сце на мониторе компьютера можно задать набор ее кадров в дискр ные моменты времени. При этом возможны режим реального вре ни и режим сжатия или растяжения времени. Выбор этих режи определяется пользователем или сложностью сцен и возможност компьютера.

Составлен словарь типов движения. Наиболее просто транслировать сцены, объекты которых движутся поступательно и равномерно. Этот тип движения считаем движением по умолчанию.

Например, при трансляции описания «Автомобиль быстро двигался на северо-восток», не находя признаков других типов движения, считаем движение автомобиля движением по умолчанию. По лексемам «автомобиль» и «быстро», используя словарь типов движения, выбираем скорость движения (ее модуль). По лексеме «северо-восток», используя словарь пространственных отношений, выбираем направление движения. Для отображения этой динамической сцены пользователь может задать число N кадров. Интервал смены кадров $\Delta t = T/N$, где T – время движения, которое определяется габаритом динамической сцены и скоростью движения.

Для простоты изложения ограничимся рассмотрением примеров трансляции сцен, объекты которых движутся равноускоренно и, может быть, вращаются вокруг своих центров.

Первым из них является трансляция следующей сцены. «Юноша стоял не очень далеко от дерева. Высоко на дереве сидела ворона. Юноша бросил камень и убил ворону». Первые два предложения описывают начальный кадр и содержание подтекста в них не очень велико. Последнее предложение описывает динамику и содержит существенный подтекст. Раскроем его.

Движение камня является движением тела, брошенного под углом к горизонту. Оно определяется по лексемам «бросил камень».

Приведем формулы движения тела, брошенного под углом к горизонту.

$$x = x_0 + (v \cos \alpha) t\,, \qquad y = y_0 + (v \sin \alpha) t - g \frac{t^2}{2}\,. \tag{1}$$

Здесь x_0 (y_0) – абсцисса (ордината) начального (при $t = 0$) положения центра тела, v – модуль начальной скорости тела, α – угол бросания, g – ускорение свободного падения, x (y) – абсцисса (ордината) положения центра тела в момент времени t.

Из этих формул видно, что наиболее просто определить траекторию движения тела, зная его начальную скорость и угол бросания.

Однако, более простым (с точки зрения практического измерения) параметром объекта «юноша» является дальность броска L. Этот параметр должен быть записан в словаре типов движения.

Известно, что дальность броска наибольшая при $\alpha = 45°$. Зная L и y_0, из (1) находим начальную скорость v броска объекта «юноша». Поскольку для вычисления начальной скорости камня требуется время, этот параметр v можно внести в описание объекта «юноша».

Зная v и конечное положение камня (положение объекта «ворона»), из (1) находим угол бросания α и время броска (движения камня) T_1. Затем просчитываем движение (падение) вороны и находим время падения T_2.

Отметим, что падение можно рассматривать как бросок с нулевой начальной скоростью. Таким образом, формулы движения «падение» получаем из (1) при $v = 0$.

Для отображения этой динамической сцены пользователь может задать число N статических сцен, по которому определяется интервал смены кадров $\Delta t = \frac{T_1+T_2}{N}$.

Эту трансляцию можно дополнить звуковыми эффектами в моменты T_1 и $T_1 + T_2$.

Таким образом, при трансляции динамических сцен может возни[кать] проблема восстановления довольно значительных подтекстов.

Возможны два способа расчета движения объектов: использова[ние] формул и введение динамических отношений.

Через $\dot{b}$ ($\ddot{b}$) будем обозначать первую (вторую) производную b по времени.

Пусть $DD(A, B, t, x, y, v_x, v_y, a_x, a_y)$ – отношение, истинное в сле[дующей] (единственной) ситуации. В момент времени t $x_B - x_A = x$, $y_B - y_A = y$, где (x_A, y_A) ((x_B, y_B)) – декартовы ко[ординаты] объекта A (объекта B), первая (вторая) производная по времени от $x_B - x_A$ равна v_x (равна a_x) и первая (вторая) производ[ная] по времени от $y_B - y_A$ равна v_y (равна a_y).

Отметим, что знание параметров истинности отношения $DD(A, B, t, x, y, v_x, v_y, a_x, a_y)$ позволяет легко рассчитать посту[па]тельное движение центра объекта B относительно центра объекта A.

Пусть $D\Phi(A, t, \varphi, \omega, \varepsilon)$ – отношение, истинное в следующей (единственной) ситуации. В момент времени t угол поворота оси объекта A относительно ее нормального положения равен φ, $\dot{\varphi} = \omega$ и $\ddot{\varphi} = \dot{\omega} = \varepsilon$.

Отметим, что параметр ω (ε) является угловой скоростью (угловым ускорением) объекта A.

Отметим, что знание параметров истинности отношения $D\Phi(A, t, \varphi, \omega, \varepsilon)$ позволяет легко рассчитать вращательное движение объекта A относительно его центра.

При работе с n объектами $A_1, A_2, ..., A_n$ параметры истинности любого из $n(n-1)/2$ отношений $DD(A_i, A_j, t, x_{i,j}, y_{i,j}, v^x_{i,j}, v^y_{i,j}, a^x_{i,j}, a^y_{i,j})$, $1 \leqslant i < j \leqslant n$, можно вычислить по параметрам истинности n отношений $DD(O, A_i, t, x_i, y_i, v^x_i, v^y_i, a^x_i, a^y_i)$, $1 \leqslant i \leqslant n$, по формулам

$$x_{i,j} = x_j - x_i, \qquad y_{i,j} = y_j - y_i,$$
$$v^x_{i,j} = v^x_j - v^x_i, \qquad v^y_{i,j} = v^y_j - v^y_i,$$
$$a^x_{i,j} = a^x_j - a^x_i \quad \text{и} \quad a^y_{i,j} = a^y_j - a^y_i.$$

Для расчета поступательного движения центра объекта A относительно начала координат O нужно знать параметры истинности отношения $DD(O, A, t, x, y, v_x, v_y, a_x, a_y)$. Для визуализации динамических сцен нам нужны именно эти (абсолютные) движения объектов. Отметим, что движение объекта A по горизонтали (по вертикали) определяется параметрами v_x и a_x (v_y и a_y).

Задача нахождения абсолютных движений объектов по заданным относительным движениям может оказаться весьма трудоемкой.

Рассмотрим теперь другой случай трансляции динамических сцен.

Пусть даны два описания, начинающиеся предложением «На столе лежат книга и шар». Первое описание продолжается предложением «Стол слегка наклонился», а второе – предложением «Стол сильно наклонился».

По лексеме «наклонился» выбирается движение по наклонной плоскости, которое должно быть задано в словаре типов движений.

Этот тип движения описывается следующим образом. Тело н
подвижно, если угол наклона α меньше угла трения. В противн
случае движение задается формулами

$$x = x_0 + \frac{g\cos\alpha(\sin\alpha - k_{mp}\cos\alpha)t^2}{2},$$

$$y = y_0 - \frac{g\sin\alpha(\sin\alpha - k_{mp}\cos\alpha)t^2}{2}.$$

Отметим, что эти формулы соответствуют случаю, когда ось 0
направлена снизу-вверх.

Для обеспечения трансляции этого типа движения объекты (то
нее пары объектов) должны иметь параметр k_{mp}. Эти парамет
запишем в таблицу.

По лексеме «шар» из таблицы выбираем k_{mp} шара (0), а по лек
мам «книга» и «стол» – k_{mp} книги (0.4).

Угол трения определяется соотношением

$$\operatorname{tg}\alpha_{mp} = k_{mp}\,.$$

При трансляции первого описания по лексеме «слегка наклони
из словаря пространственных отношений выбираем α (10°). Из
делаем вывод, что книга останется неподвижной, а шар, остав
на столе, будет двигаться следуя формулам (2). Покинув поверхно
стола шар будет двигаться следуя формулам (1). По лексеме
выбирается движение «качение», а не движение «скольжение», пр
маемое по умолчанию. Вращение шара вокруг его центра сохран
и при его падении.

При трансляции второго описания по лексеме «сильно накл
ся» из базы данных выбираем α (45°). Далее трансляция про
аналогично. В этом случае будут двигаться оба объекта.

Отметим, что система трансляции должна отслеживать
вание объекта на наклонной плоскости.

Для адекватной трансляции этих динамических сцен тре
еще более значительное восстановление подтекста. Отметим,

описано влияние момента инерции шара и более сложное движение
книги, когда она находится на столе частично.

Движение тела назовем кусочно-равноускоренным, если весь ин-
тервал времени движения можно разбить на интервалы, в каждом
их которых обе его составляющие (поступательная и вращатель-
ная) являются равноускоренными. Рассмотренные выше движения
ел являются кусочно-равноускоренными. Для визуализации таких
движений достаточно найти интервалы постоянства ускорений и
определить эти ускорения.

Основываясь на изложенной выше методике трансляции динами-
ческих сцен и материалах, изложенных в [1]-[4], разработан динами-
ческий графический визуализатор (ДГВ).

Входными данными ДГВ являются текстовое описание сцены (на
тском языке), выходными – динамическая визуализация этой сце-
ны на экране монитора компьютера.

ДГВ состоит из пяти блоков: лингвистического процессора, логи-
ческого процессора, динамического процессора, графического пла-
нировщика и подсистемы обучения.

Лингвистический процессор выполняет функции анализа пред-
ложения на естественном языке. Используя словари объектов, про-
странственных отношений и типов движений он выдает описания
объектов во внутреннем формате, физические параметры объектов
их начального положения, типы движений и начальные физические
параметры этих движений.

Логический процессор проверяет непротиворечивость сцен и воз-
можность реализации движения. Например, он посчитает невозмож-
ную сцену «Мальчик бросил мяч на 200 метров».

Динамический процессор просчитывает движения объектов, осу-
ществляет разные виды масштабирования и выдает характеристики
их во внутреннем формате.

Графический планировщик (по результатам работы динамиче-
ского процессора) выводит кадры на экран монитора компьютера.

Наконец, подсистема обучения обеспечивает интерфейс пользо-
вателя с ДГВ. Она задает вопросы типа «Учитывать отскоки мяча?»,

предлагает варианты замен непонятных ей лексем, ведет статистику работы ДГВ, оставляет разработчику непонятные запросы и т.п.

Разработанный визуализатор может быть использован, например, при создании электронных учебников. С его помощью можно получать динамические семейства траекторий движения тел.

В заключение автор выражает глубокую благодарность доктору физ.-мат. наук Орлову В.А. за внимание к работе.

Список литературы

[1] Литвинцева А.В., Поспелов Д.А. Визуализация пространственных сцен по текстовым описаниям для интеллектуальных систем // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. №5. 1991.

[2] Кондрашина Е.Ю., Литвинцева А.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. М.: Наука, 1989.

[3] Ильин Г.М., Игнатова В.Н. Модель системы перехода от текстового описания трехмерной сцены на естественном языке к ее графическому изображению // Труды 2-ой всесоюзной конференции по искусственному интеллекту. Т. 2. Минск, 1990.

[4] Ильин Г.М., Игнатова В.Н. Системы текст/рисунок // Программные продукты и системы. №2. 1992.

Часть 3.
Математические модели