

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI

# TOIMETISED

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS

594

## ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

Труды по искусственному интеллекту

IV

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS  
ALUSTATUD 1893.a. VIHK 594 ВЫПУСК ОСНОВАНЫ В 1893.g.

# ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

Труды по искусственному интеллекту

IV

ТАРТУ 1981

Редакционная коллегия:

И. Куль, Х. Рятсеп, И. Сильдмяэ (отв. редактор),  
Ю. Тулдава, К. Ээремаа

© Тартуский государственный университет, 1981

Ученые записки  
Тартуского государственного университета.  
Выпуск 594.  
ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ.  
Труды по искусственному интеллекту IV.  
На русском языке.  
Резюме на английском языке.  
Тартуский государственный университет.  
ЭССР, 202400, г. Тарту, ул. Оликооли, 18.  
Ответственный редактор И. Сильдмяэ.  
Корректоры Н. Чикалова, Н. Приходько, М. Салувеэр.  
Подписано к печати 22.12.1981.  
МВ 10969.  
Формат 30x45/4.  
Бумага печатная.  
Машинопись. Ротапринт.  
Учетно-издательских листов 9,86.  
Печатных листов 10,25.  
Тираж 700.  
Заказ № 1377.  
Цена I руб. 50 коп.  
Типография ТГУ, 202400, Тарту, ул. Пялсона, 14.

## ОТРИЦАНИЕ И ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЕ

И. М. Богуславский

Синтаксические и семантические особенности предложений, содержащих отрицание<sup>1</sup>, много раз привлекали внимание исследователей. Существует тем не менее один обширный класс отрицательных предложений, имеющих большое число весьма специфических свойств, которые изучены пока далеко недостаточно. Речь идет о предложениях, в которых частица не выступает в контексте противопоставления. Противопоставлением мы будем условно называть такую ситуацию, когда в предложении имеется конструкция не Р, а Q, например, (1). На шоферском месте сидел не обычного вида шофер, а черный длинноносый грек в клеенчатой фуражке и в перчатках с раструбом (М. Булгаков). Второй компонент этой конструкции может выступать в бессоюзном варианте (ср. (2) Не недели, не месяцы — годы Расставались... /А. Ахматова/) или вовсе отсутствовать (ср. (3) Нет, не тебя так пылко я люблю /М. Лермонтов/); но и в последнем случае он всегда по смыслу подразумевается<sup>2</sup>.

Как правило, предложения с противопоставлением имеют особый интонационный контур. Ср., например, предложение (4) Он не работает, а ест, имеющее два осмысления: противопоставительное (≈ 'он занимается не работой, а едой') и непротивопоставительное (≈ 'он бездельничает, а тем не менее ест'), которые отчетливо различаются и интонационно.

Давно замечено, что во многих случаях противопоставительный контекст оказывает разрушительное воздействие на закономерности, действующие в нейтральных условиях. Это в максимальной степени касается и частицы не. При ближайшем рассмотрении оказывается, что в контексте противопоставления частица не едва ли имеет хотя бы одно общее свойство с не в

<sup>1</sup> Под отрицанием мы в соответствии с распространенным словоупотреблением будем понимать отрицательную частицу не.

<sup>2</sup> Вариантом противопоставительной конструкции не Р, а Q служит конструкция Q, а не Р, которой мы здесь заниматься не будем.

нейтральном контексте (за исключением самого значения 'верно, что'). В настоящей работе будет продемонстрировано большое количество расхождений в поведении отрицания в этих контекстах. В связи с этим возникает вопрос о семантической природе столь резких различий. Почему, собственно, противопоставление несовместимо с обычным набором свойств частицы не? Какие именно особенности противопоставительного контекста вызывают эти изменения? Почему наблюдаемые изменения носят именно такой (а не какой-либо другой) характер? В заключение статьи мы наметим ответ и на эти вопросы. Более подробному объяснению представленных здесь явлений будет посвящена специальная работа.

Ниже мы укажем 17 различий в поведении частицы не в непротивопоставительном (нейтральном) контексте (далее условно - не<sup>1</sup>) и в контексте противопоставления (далее - не<sup>2</sup>). Для большей обзорности разобьем эти различия на четыре группы: коммуникативные, семантические, синтаксические и сочетаемостные.

#### Коммуникативные различия

1. Смысловая законченность/незаконченность предложения. Как мы уже говорили, в предложениях, содержащих противопоставление, не всегда эксплицитно присутствуют оба противопоставляемых члена. Существенно, однако, что когда одного из них в предложении нет, оно по смыслу оказывается незаконченным; отсутствующий член противопоставления всегда подразумевается. Например: (5) Я уезжаю не завтра (подразумевается: 'в другое время'), (6) Спит не Коля (подразумевается: 'кто-то другой'). В случае не<sup>1</sup> подобной неполноты нет. Ср. предложения Дождь не прекращался, Сильный мороз не отпугнул бодельщиков, произносимые с нейтральной интонацией.

#### 2. Обязательность/необязательность наличия темы.

Некоторые исследователи выделяют в русском языке предложения, состоящие из одной ремы, - так называемые нерасчлененные предложения /5:46/ (7) Вечерело, (8) Вдруг раздался выстрел, (9) В этот вечер впервые не зашло солнце. Последний пример показывает, что в подобных предложениях встречается не<sup>1</sup>. Что же касается предложений с противопоставлением, то в них наличие темы обязательно. По отношению к этой теме члены противопоставления играют обычно одну и ту же смысловую роль и выполняют одну и ту же синтаксическую функцию. Так, в пред-

ложении Воет ветер, а не зверь, к теме относится сказуемое воет, а в предложении Зверь не воет, а рычит темой служит подлежащее зверь. Если в предложении такой эксплицитно выраженной темы нет, то оно в большинстве случаев неправильно: (10)<sup>??</sup> Не зверь рычит, а ветер воет. Эту же мысль высказывает А. Богуславский, утверждая, что члены противопоставления всегда "относятся к ясно выделенному объекту, а не, так сказать, просто ко "всей действительности"" /9:185/.

Впрочем, в поэтической речи предложения типа (10) вполне допустимы; ср., например, некрасовское (II) Не ветер бушует над бором, Не с гор побежали ручьи, Мороз-воевода дозором Обходит владенья свои или строчки Ш. Петери Как заблудался он. Не шуба тяжела, А сердце у него надорванное ныло. Однако эти примеры — лишь кажущееся исключение из указанного выше правила. Они все же содержат тему, хотя и не выраженную отдельным словом или словосочетанием. В качестве темы выступает здесь смысл 'то, что имеет место': (II) 'то, что имеет место, не есть "ветер бушует над бором" и не есть "с гор побежали ручьи", а есть "Мороз-воевода дозором обходит владенья свои"'. Из того, что тематический смысл в этих предложениях не имеет специального выражения, не следует, что его в предложении вовсе нет, что он "берется из ничего". Ведь каждое повествовательное предложение сообщает о том, что нечто имеет место. Поэтому значение 'имеет место', обусловленное предикативностью предложения, можно считать входящим в его семантическую структуру.

Замечание. В связи с этим выскажем одно предположение: повествовательных предложений без темы не бывает. В самом деле, если смысл 'имеет место' входит в смысловой коррелят предикативности, то естественно считать, что он всегда входит и в тему предложения (именно потому, что каждое повествовательное предложение посвящено тому, чтобы сообщить, что имеет место). Тогда в тех случаях, когда в предложении эксплицитно выраженной темы нет (как в предложениях (7) — (9)), этот смысл остается единственным тематическим элементом, который представлен в семантической и не представлен в синтаксической структуре предложения. Заметим, что даже если принять такой вывод, обсуждаемое различие между не<sup>1</sup> и не<sup>2</sup> не исчезнет: с одной стороны, окажется, что предложения с не<sup>1</sup> типа (9) имеют тему, пусть и не выраженную эксплицитно; с другой стороны, однако для предложений с не<sup>2</sup> такая возможность практически исключена или во всяком случае ограничена лишь поэтической речью.

## Семантические различия

В стандартном случае семантическое воздействие частицы не<sup>1</sup> на значение отрицаемой предикации сводится к тому, что к вершинному смыслу этой предикации присоединяется предикат 'неверно'. В результате возникает так называемое "число отрицательное" значение. В ряде случаев, однако, воздействие частицы не<sup>1</sup> на значение других единиц более сложное.

В пп. 3-6 мы рассмотрим четыре типа идиоматичного взаимодействия частицы не<sup>1</sup> со значениями связанных с ней единиц. В пп. 3 и 4 речь будет идти о взаимодействии отрицания со смыслами разных типов, а в пп. 5 и 6 - о его способности вызывать более или менее стандартные изменения значения. Для всех этих случаев характерно, что в противопоставительном контексте специфический эффект отрицания снимается.

### 3. Влияние на пресуппозицию

Хорошо известно, что отрицание по-разному взаимодействует с разными смыслами, входящими в состав отрицаемой единицы. Тот компонент значения отрицаемой единицы, к которому присоединяется отрицание, называют ассертивным компонентом. Среди неассертивных компонентов значения лучше всего изучены пресуппозиции - такие высказывания, входящие в значение данной единицы, которые не меняют своего истинностного значения при ее отрицании. Так, давно стало хрестоматийным утверждение о том, что значение слова холостяк содержит пресуппозицию 'взрослый мужчина', поскольку в предложении Петр не холостяк отрицается только то, что Петр женат, а то, что он взрослый мужчина, не отрицается. Тем не менее в контексте противопоставления это утверждение теряет силу: (I2) Я увидел перед собой не холостяка, а совсем юную девушку.

### 4. Влияние на другой (не пресуппозиционный) тип неассертивных значений

Помимо пресуппозиций имеются и другие типы неассертивных значений /9/, ниже мы укажем еще один тип таких значений (который, насколько нам известно, еще не обсуждался в литературе) и убедимся в том, что не<sup>1</sup> и не<sup>2</sup> ведут себя по-разному также по отношению и к нему.

Рассмотрим, например, глагол касаться. Предложение (I3) Ветка сирени касалась окна означает, что между веткой и окном имеется особого рода ("слабый") контакт. Компонент 'слабый' отличает (I3), в частности, от предложения (I4) Ветка

! сирени упиралась в окно, предполагавшего, что в точке контакта приложена определенная сила.

Рассмотрим теперь предложение (I5) Ветка сирени не касалась окна, взятое в непротивопоставительном контексте. Оно, очевидно, означает, что между веткой и окном нет никакого контакта. Между тем, это предложение не может считаться простым отрицанием предложения (I3): отрицание утверждения 'имеется слабый контакт' должно было бы дать значение 'либо нет контакта, либо контакт не слабый'.

Для того, чтобы объяснить, каким образом получилось значение предложения (I5), следует уточнить коммуникативную организацию толкования глагола касаться: (I3) '(а) между веткой и окном имелся контакт, (б) причем этот контакт - "слабый"'. Существенно, что это толкование имеет две коммуникативно неравноценные части - ядерную (ассертивную) и дополнительную (неассертивную). Ассертивной частью является здесь компонент (а), именно к нему присоединяется отрицание. Неассертивный компонент (б) отрицанию не подвергается; однако он не составляет и пресуппозиции, поскольку не сохраняет свою истинность в отрицательном предложении. В самом деле, бессмысленно уточнять, что контакт слабый, если уже известно, что контакта нет вовсе.

Глаголов с подобной организацией значения в русском языке довольно много. К этому классу относятся многие глаголы, обозначающие равновидность какого-либо действия. Укажем еще одну группу глаголов, содержащих подобный неассертивный компонент значения и интересных тем, что нерелевантность этого компонента под отрицанием влечет запрет на выражение некоторой валентности. Это класс глаголов, обозначающих изменение величины: увеличивать(ся), уменьшать(ся), расти, сокращать(ся), превосходить, превышать и т.д. Все эти глаголы имеют валентность, характеризующую величину изменения, например: (I6) За этот год добыча угля возросла на 10 тыс. тонн. Это предложение означает: '(а) количество угля А, добытого в этом году, больше количества угля Б, добытого в прошлом году, (б) причем разность между А и Б равняется 10 тыс. тонн'. Может возникнуть вопрос: зачем вообще нужен компонент (а)? Разве он не вытекает из (б)? Конечно, вытекает. Однако задать его отдельно необходимо потому, что именно он составляет ассертивную часть толкования слова возрасти. Действительно, предложение (I7) За этот год добыча угля не возросла означает лишь, что А не больше Б. Компонент (б) в от-

рицательном предложении становится нерелевантным: если уж А не больше Б, то говорить о том, насколько А больше Б, бессмысленно. Именно поэтому валентность "на сколько?" в нейтральном отрицательном предложении не выражается: \* За этот год добыча угля не возросла на 10 тыс. тонн.

Обратимся теперь к сравнению сочетаний не<sup>1</sup> и не<sup>2</sup> с подобными глаголами. Если не<sup>1</sup>, как мы видели, чувствительно к делению смысла глагола на ассертивную и неассертивную часть, что в ряде случаев влечет невыразимость определенных валентностей, то не<sup>2</sup> "игнорирует" это деление и не влияет на выразимость валентностей: Ветка сирени не касалась окна, а упиралась в него, За этот год добыча угля не возросла на 10 тыс. тонн, а уменьшилась.

#### 5. Стандартные идиоматичные сочетания

Как известно, семантическое воздействие отрицания во многих случаях не сводится к добавлению предиката 'неверно' к тому или иному компоненту значения, а сопровождается появлением новых семантических единиц (возможно, взамен некоторых старых). Эти изменения могут быть очень различны не только по своему семантическому содержанию, но и по широте охвата лексики. В этом пункте мы рассмотрим один тип весьма стандартного изменения.

В сочетании со многими прилагательными и наречиями отрицание имеет особое - и притом одно и то же - значение. Присоединение не к этим словам дает не чистое отрицание, а "противоположность с оттенком умеренности" /I:292-294; 4/.

В русском языке такое отрицание выражается не частицей, а приставкой не-. Например: небольшой = 'относительно маленький' (но не 'средних размеров' и не 'огромный'), немаленький = 'относительно большой' (но не 'средних размеров' и не 'крошечный'), неплохо = 'относительно хорошо' (но не 'отлично' и не 'отвратительно').

Как заметил еще О. Есперсен, этот специфический эффект вызывает только непротивопоставительное отрицание /3/. При противопоставлении появляется возможность обозначить любую точку шкалы данного свойства, отличную от занимаемой исходным прилагательным или наречием. Например: не большой, а огромный; не маленький, а крошечный <средней величины>; не хорошо, а отлично.

#### 6. Индивидуальные идиоматичные сочетания

В отличие от предыдущего пункта, здесь мы обратимся к частным семантическим изменениям, происходящим под воздейст-

вием не<sup>1</sup>.

В нейтральном контексте сочетание глагола любить с отрицанием в предложении Я не люблю перловый суп означает не отсутствие чувства любви, как этого следовало бы ожидать ('не испытываю любви'), а наличие противоположного чувства (≈ 'испытываю нелюбовь'). Заметим, что в других значениях глагола этого свойства может не быть: предложение Маша не любит Васю не предполагает активно отрицательного отношения со стороны Маши, а означает просто отсутствие любви. Еще значительнее изменение значения в случае глагола сомневаться: Я сомневаюсь, что Маша придет ≈ 'я склонен считать, что Маша не придет'; Я не сомневаюсь, что Маша придет = 'я твердо уверен, что Маша придет'.

В сочетании с не<sup>2</sup> значение глагола реализуется в неизменном виде: Я не люблю перловый суп, а отношусь в нему равнодушно (= 'неверно, что я люблю'), Я не сомневаюсь в этом, а просто не имею полной информации (= 'неверно, что испытываю сомнения').

#### 7. Соотношение с антонимами

Существует такой тип антонимии слов /I:292-294 он обозначен Anti 2 /, при котором антоним слова X синонимичен сочетанию слова X с частицей не. Например: соблюдать - нарушать = не соблюдать; попасть - промахнуться = не попасть; спать - бодрствовать = не спать. Эту корреляцию с антонимией имеет только не<sup>1</sup>. Сочетание не<sup>2</sup> с X не может (без изменения смысла) заменяться на антоним, например: Коля не спит, а ходит ≠ \* Коля бодрствует, а ходит.

#### 8. Соотношение с приставкой не-

Провести отчетливую границу между частицей и приставкой не очень трудно. Действующие правила правописания, а также многочисленные предложения по их усовершенствованию стремятся нащупать некоторую интуитивно осязаемую и одновременно лингвистически обоснованную грань, которая разделяла бы эти единицы /8:64-73, 6:362-379/. При всей зыбкости этой грани, при многообразии точек зрения по поводу того, в каких случаях перед нами приставка, а в каких - частица, при явной искусственности отдельных решений некоторые положения представляются бесспорными. К ним относятся в частности:

(а) утверждение о том, что при имеющемся или подразумеваемом противопоставлении не является частицей и пишется раздельно; например, не уверенность в своих силах, а излишняя самонадеянность; не женатый, а совершенно свободный; не

весело, а сосредоточенно. Это правило относится к числу наиболее давних и устойчивых правил русского письма, стихийно сложившихся еще в XVI-XVII вв.

(б) утверждение о том, что в непротивопоставительном контексте существительные, прилагательные и наречия на -о, приобретающие в сочетании с не противоположное значение и способные обычно заменяться на синоним без не, содержат приставку не (и пишутся с ней слитно); например: неуверенность ( $\approx$  сомнение) в своих силах, неженатый (= холостой), невесело ( $\approx$  грустно).

В самом деле, в контексте противопоставления не входит в синтаксическую конструкцию не... а ... и тем самым безусловно является отдельным (служебным) словом /6:364/. Что же касается сочетаний не с существительными, прилагательными и наречиями на -о, то они определенно составляют единое слово, ведущее себя во многих отношениях иначе, чем соответствующее слово без приставки не. Именно поэтому в словарях для таких слов часто даются отдельные словарные статьи. Так, в частности, у слов с приставкой не- хуже, чем у исходных слов, выражаются семантические валентности или уменьшается их число. Например, прилагательное неженатый не способно управлять формой "на ком" (женатый на молоденькой - \* неженатый на молоденькой), а существительное неспециалист хуже, чем исходное существительное специалист, присоединяет формы со значением "в какой области" (специалист по электронике - \* неспециалист по электронике). (Заметим, что частица не не оказывает такого воздействия на выражение валентностей: не женат на Вере, не специалист по электронике). В других случаях сочетаемостные свойства слова с приставкой не- богаче, чем у исходных слов. Например, существительное невнимательность приобретает способность сочетаться с предлогом по в причинном значении (по невнимательности), которой лишено исходное существительное - внимательность (\* по внимательности). Кроме того, частица и приставка не различаются размещением относительно предлога, который отрывает от существительного частицу, но не затрагивает приставки: не для математиков - для нематематиков.

Что касается сочетаний не с глаголами, то они всегда - как при наличии противопоставления, так и без него - пишутся раздельно и содержат частицу, а не приставку.

Таким образом, возникает следующая несимметричность в поведении не<sup>I</sup> и не<sup>2</sup>: не<sup>I</sup> - непосредственно соотносится с

приставкой не-, а не<sup>2</sup> никакой связи с ней не имеет, что проявляется в том, что при номинализации сочетаний с не<sup>1</sup> возникает имя с приставкой, а при номинализации сочетаний с не<sup>2</sup> — имя с частицей: Боря не уверен в своих силах  $\Rightarrow$  неуверенность Бори в своих силах < неуверенный в своих силах Боря >. Боря не уверен в своих силах, а излишне самонадеян  $\Rightarrow$  не уверенность Бори в своих силах, а излишняя самонадеянность; \* не уверенность ... , а излишняя самонадеянность.

#### 9. Ограничения на выбор видового значения глагола

При формулировке условий реализации того или иного значения глагольного вида, следует отдельно говорить о нейтральном и ненейтральном (в частности, противопоставительном) контексте, поскольку закономерности, обнаруженные в первом из них, часто нарушаются во втором. Приведем два примера, связанные с реализацией актуально-длительного значения несовершенного вида.

Многие глаголы несовершенного вида, при которых имеется непротивопоставительное отрицание, осмысляются в первую очередь в общефактическом значении; осмысление в актуально-длительном значении затруднено, например: Я не обедал. Добавление противопоставления полностью снимает это ограничение; предложение Я не обедал, а читал газету легко понимается в актуально-длительном смысле.

Е.В. Падучева (устно) отметила, что частица не<sup>1</sup> не допускает, чтобы глагол имел актуально-длительное значение, если при нем есть зависимые определенных типов. Так, предложение Коля не спит в сарае сообщает о некотором узуальном событии. Оно не может пониматься в актуально-длительном значении (в то время, как при устранении обстоятельства в сарае такое осмысление вполне возможно: Коля не спит). Контекст противопоставления, как легко видеть, отменяет и это ограничение: Коля не спит в сарае, а ловит рыбу.

#### 10. Способность участвовать в заполнении валентности других предикатов

Рассмотрим предложения, в которых сочетание не + V инф служит дополнением некоторого глагола, например: (18) Феликс умеет не падать духом.

В непротивопоставительном контексте сочетание частицы не с инфинитивной группой заполняет в подобных предложениях валентность личного глагола. Так, (18) означает, что Феликс обладает способностью, состоящей в том, чтобы не падать духом. Таким образом, валентность глагола уметь заполняет

здесь сочетание не падать духом целиком.

(19)? Феликс умеет не говорить по-французски.

Предложение (19), грамматически абсолютно правильное и подобное (18), по смыслу кажется странным: нелепо говорить о способности, состоящей в том, чтобы не говорить на каком-то языке.

Между тем, соответствующее предложение с противопоставлением никакого протеста не вызывает, в нем указанного странного смысла уже нет: (20) Феликс умеет не говорить по-французски, а читать.

Чем это объяснить? Очевидно, что предложение (20) не является простым распространением предложения (19). Простое распространение предполагает добавление таких зависимых элементов, которые не приводили бы к переосмыслению уже имеющейся части предложения: Пришел не Петя ~ Пришел не Петя, а Коля. В случае (19) - (20) дело обстоит иначе. Сочетание умеет не говорить по-французски имеет в этих предложениях совершенно разные значения, поскольку в них идет речь о разных способностях: в (19) - о способности не говорить по-французски, а в (20) - о способности говорить по-французски. Следовательно, частица не<sup>2</sup> (в (20)) в отличие от не<sup>1</sup> (в (19)) - не участвует в заполнении валентности глагола умеет.

#### Синтаксические различия

#### II. Способность вызывать родительный падеж подлежащего, дополнения и обстоятельства длительности

Как известно, винительный падеж подлежащего, дополнения и обстоятельства длительности, находящегося в сфере действия присказуемого отрицания, иногда факультативно, а иногда и обязательно переходит в родительный падеж<sup>3</sup>. Здесь нам существенно отметить, что такое влияние оказывает только не-противопоставительное отрицание. Например: В этих условиях кристаллов не образуется < кристаллы не образуются > - В этих условиях кристаллы не образуются, а распадаются - \* В этих условиях кристаллов не образуется, а распадается. Он не ест мяса < мясо > - Он не ест мяса, а жрет - \* Он не ест мяса, а жрет (пример из /10/).

Даже те глаголы, которые при отрицании обязательно меняют падеж прямого дополнения на родительный, при противопоставлении

<sup>3</sup> Возникающие при этом тонкие смысловые различия для нас здесь несущественны.

ставлении вынуждены сохранять винительный падеж, ср. глагол иметь: Он не имеет ренты - \* Он не имеет ренту - Он не имеет ренту, а только надеется ее получить в случае смерти дяди - \* Он не имеет ренты, а только надеется ее получить в случае смерти дяди.

#### 12. Влияние на вид инфинитивного дополнения

Как известно, при некоторых глаголах, способных управлять инфинитивом совершенного вида, отрицание переводит этот совершенный вид в несовершенный, например: Я велел тебе уйти - Я не велел тебе уходить - \* Я не велел тебе уйти.

При противопоставлении совершенный вид дополнения сохраняется: Я не велел тебе уйти, а просто попросил тебя об этом.

#### 13. Способность относиться к синтаксически несвязанным группам

Такая способность отсутствует у не<sup>1</sup>, но (в разговорной речи) имеется у не<sup>2</sup>. Например: Я приехал не во вторник поездом, как собирался, а в среду на попутной машине.

### Сочетаемостные различия

#### 14. Сочетаемость со словами разных частей речи

Не<sup>1</sup> присоединяется практически только к глаголу (как в личной, так и во всех неличных формах). Не<sup>2</sup> сочетается со словами любой части речи. Приведем некоторые примеры сочетаний не<sup>2</sup> с неглагольными словами, относящимися к разным частям речи, выделяя эти слова разрядкой: Нет, не вам я печаль причинил (Б. Пастернак), Солнце - не огнистое, не раскаленное, как во время знойной засухи, не тускло-багровое, как перед бурей, но светлое и приветно лучезарное - мирно всплывает из-под узкой и длинной тучки (И. Тургенев), Говорил не громко, не тихо, а совершенно так, как следует (Н. Гоголь), Не два, не пять, не десять, а восемнадцать дней легчик упорно двигался к линии фронта (Б. Полевой), Я пришел не чтобы помешать вам, а, наоборот, чтобы помочь, Ты вошел в класс не до, а после звонка.

В связи с этими примерами сделаем одно замечание.

Противопоставительный контекст позволяет частице не сочетаться не только со словами любой части речи, но даже (в разговорном языке) и с отдельными морфемами. Например: - Правда ли, что здесь будут проходить велогонки? - Не вело=, а мото (гонки). - Он славянофил? - Не =фил, а =фоб. - Почему хлопнула дверь? Кто-то пришел? - Не при=, а у=.

15. Сочетаемость с разными значениями одной грамматической категории

Сочетаемостные различия между не<sup>1</sup> и не<sup>2</sup> наблюдаются не только по отношению к разным частям речи, но в рамках одной и той же части речи по отношению к разным значениям некоторой грамматической категории. В качестве примера можно привести деепричастия несовершенного вида, которые различают по меньшей мере два грамматических значения – значение времени и значение образа действия (подробнее об этом см. /2/). Деепричастие с временным значением не сочетается с не<sup>1</sup>: предложение \* Он забывает о своем горе, не работая в саду неправильно относительно смысла 'он забывает о своем горе не тогда, когда работает в саду'. Однако при противопоставлении такая интерпретация возможна: Он забывает о своем горе не работая в саду, а навещая старых друзей = 'он забывает о своем горе не тогда, когда работает в саду, а тогда, когда навещает старых друзей'.

16. Сочетаемость в приглагольном употреблении с неопределенными местоимениями

Если отрицание стоит при сказуемом, то в его сфере действия неопределенные местоимения невозможны /7:31-32/ (21) \* Он не читает какие-то газеты. Это предложение неправильно относительно смысла 'неверно, что он читает какие-то газеты', который следует выразить с использованием отрицательного местоимения: Он не читает никаких газет<sup>4</sup>. Добавив к (21) противопоставление, можно убедиться, что и этот запрет на не<sup>2</sup> не распространяется: Он не читает какие-то газеты, а работает.

17. Сочетаемость с интенсификаторами

Частицы не<sup>1</sup> и не<sup>2</sup> по-разному сочетаются с наречиями – показателями предельной меры признака. В частности, глаголы в нейтральном контексте отрицания, хорошо сочетающиеся с наречием совершенно, не допускают его, если отрицание противопоставительное. Например: Я его совершенно не люблю – \* Я его совершенно не люблю, а ненавижу. Коля совершенно не устал – \* Коля совершенно не устал, а просто не выспался.

<sup>4</sup> Относительно другого смысла – 'существуют газеты, которые он не читает' – предложение (21) правильно, но при этом осмыслении неопределенное местоимение оказывается вне сферы действия отрицания.

Итак, мы продемонстрировали 17 различий в поведении отрицания в нейтральном и противопоставительном контексте. Чем же обусловлено столь разное поведение отрицательной частицы в этих контекстах?

Самым простым решением было бы признание  $не^I$  и  $не^2$  разными единицами. Тогда вопрос об объяснении их различий отпал бы сам собой, поскольку разные единицы и не обязаны вести себя сходным образом. Безупречное с формальной точки зрения, это решение неудовлетворительно с содержательной, поскольку оно оставляет совершенно невыявленной природу наблюдаемых различий, носящих явно закономерный характер. Ниже мы кратко наметим тот путь описания, который позволяет не только объяснить все представленные факты, но и предсказать новые, еще не отмеченные.

Источник всех различий между  $не^I$  и  $не^2$  мы видим в том, что при тождестве значения ('неверно, что') они имеют разные сферы действия, т.е.  $не^I$  и  $не^2$  отрицают разные утверждения. Для того, чтобы в этом убедиться, условимся представлять значение актуально расчлененных предложений в виде 'то, что  $\underline{T}$ , есть  $R$ ', где  $\underline{T}$  - часть значения предложения, соответствующая теме, а  $R$  - реме. Тогда предложение Коля спит предстанет в виде 'то, что Коля делает, есть спит', а предложение Спит Коля - в виде 'тот, кто спит, есть Коля'. Сформулируем теперь различия в сфере действия  $не^I$  и  $не^2$ : утверждение, которое отрицает  $не^I$ , лежит внутри  $\underline{T}$  или  $R$ , в то время, как  $не^2$  отрицает сам предикат 'то, что..., есть...', соединяющий тему и ремю. Если  $не^I$  отрицает некоторую часть денотативного содержания предложения, то  $не^2$  имеет принципиально другую функцию: эта частица отрицает истинность приписывания данной реме теме предложения. При такой трактовке нейтрального предложения (22) Коля не спит получит следующую интерпретацию: 'то, что Коля делает, есть не спит'. При наличии противопоставления значение другое: (23) Коля не спит (а ходит)  $\approx$  'то, что Коля делает, не есть спит (а есть ходит)'. Из такого представления значения непосредственно вытекает, в частности, почему замена сочетания не спит на бодруется возможна только в (22) (см. различие 7 выше): значение 'бодруется' представляет собой отрицание значения 'спит', а та-

кое отрицание имеется только в предложении (22); в (23) отрицается другой компонент смысла. Аналогично объясняются и все остальные расхождения между не<sup>I</sup> и не<sup>2</sup>, отмеченные выше: все специфические воздействия, которые оказывает отрицание, распространяются только на те слова, которые входят в его сферу действия, между тем при противопоставлении таких слов в предложении нет: отрицается предикат ('то, что ... есть ...'), не выраженный никаким отдельным словом. Поэтому все специфические эффекты нейтрального отрицания в противопоставительном контексте невозможны. Более подробное обоснование предложенного описания составит предмет отдельной работы.

### Л и т е р а т у р а

1. Апресян Ю.Д. Лексическая семантика. Синонимические средства языка. М.: Наука, 1974.
2. Богуславский И.М. О семантическом описании русских деепричастий: неопределенность или многозначность? - Известия АН СССР, сер. ЛЯЯ, М., 1977, № 3.
3. Есперсен О. Философия грамматики. М.: изд-во иностранной литературы, 1958 (первое издание 1924 года).
4. Кижжова Е. Количественная детерминация прилагательных в русском языке (лексико-синтаксический анализ). - В кн.: Синтаксис и норма. М., 1974, с. 122-144.
5. Ковтунова И.И. Современный русский язык. Порядок слов и актуальное членение предложения. М.: Просвещение, 1976.
6. Обзор предложений по усовершенствованию русской орфографии. М.: Наука, 1965.
7. Падучева Е.В. Семантический анализ отрицательных предложений в русском языке. - В кн.: Машинный перевод и прикладная лингвистика, 1969, № 12.
8. Розенталь Д.Э. Справочник по правописанию и литературной правке. Изд. 3-е. М.: Книга, 1978.
9. Boguslawski A. Problems of the thematic-rhematic structure of sentences, PWN, Warszawa, 1977.
10. Crockett D.B. The scope of denial in Russian negative sentences. - Lingua, 1976, v. 43, N 2-3, pp. 229-245.

## NEGATION AND CONTRAST

I. Boguslawski

### S u m m a r y

The paper describes semantic, syntactic and communicative properties of the negation under contrast (in phrases like not X but Y). They are compared with the properties of the "ordinary", "neutral" negation. It is shown that numerous differences between them are explained by the differences in the scope of negation. While "neutral" negation concerns the denotative content of the sentence, contrastive negation rather affects its functional perspective (more precisely, it affects a special predicate which represents the functional perspective in the semantic structure of sentences).

## АПЛИКАТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ФРЕЙМАМИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ БАНКЕ ДАННЫХ

В.Э. Вольфенгаген

**Введение.** В теориях искусственного интеллекта используется основное соглашение, суть которого состоит в следующем: символы входного сообщения отображаются на некоторую среду, обеспечивающую представления их значений. В частности, в семантических теориях естественного языка обычно различается экспрессивный язык и примитивный язык /5/. В теориях банков данных обычно разделяют концептуальные модели и логические модели.

Основные подходы к представлению значения входного сообщения в настоящее время в достаточной степени определены и, главным образом, сводятся к альтернативе - концепция сетей, наделенных структурой (фреймов, семантических сетей)/1/, либо концепция логической формы представления /2-4/. Имеется также компромиссная точка зрения (обзор и библиографию см. в /1/).

В настоящей работе используется понятие фрейма как "иерархически упорядоченного представления стандартной ситуации действительности", уточненное таким образом, чтобы получилась дедуктивная система фреймов. Общность подхода достигается использованием  $\mathcal{L}\mathcal{E}$  - расширением теории конверсий /3/, в котором обычные логические связи и кванторы не являются первичными объектами, но могут быть конструктивно построены.

С другой стороны, настоящая работа служит обобщением /2/ в том смысле, что алгебра фреймов, построенная в /2/ как алгебра содержания в противовес реляционной алгебре Э. Колда (алгебра расширения) является алгебраической интерпретацией дедуктивной системы фреймов. Подчеркнем, что в данной дедуктивной системе фреймов используются всего лишь два примитивных оператора: оператор абстракции и оператор аппликации.

Настоящая дедуктивная теория фреймов может использоваться для исследования примитивного уровня естественного языка, уровня представления значения в системах представления зна-

нии для интеллектуальных банков данных, а также конструирования концептуально-логических моделей банков данных.

### 1. Дедукция на фреймах

1.1. Формулам чистой логики предикатов поставим в соответствие некоторые объекты дедуктивной системы. Для этого переменные системы разобьем, например на две группы:

- 1) переменные  $x_i$  при  $i=1, k$ ;
- 2) переменные  $x_i$  при  $i=1, k-1$ ;  $k > 0$ .

Предикатным переменным поставим в соответствие элементы группы № 1, а предметным переменным - элементы группы № 2. Соответствие между объектами в логике предикатов и в дедуктивной системе представлено в таблице 1.

Таблица 1  
Соответствие между объектами в логике предикатов  
и в дедуктивной системе

№№	Логика предикатов	Дедуктивная система
1	$P(x_1, \dots, x_n)$ $n \geq 0, P$ - предикатная переменная, $x_i$ - предметные переменные	$P^\circ x_1^\circ \dots x_n^\circ$
2	$A \supset B$	$\supset A^\circ B^\circ$
3	$A \& B$	$\& A^\circ B^\circ$
4	$A \vee B$	$\vee A^\circ B^\circ$
5	$\neg A$	$\neg A^\circ$
6	$\forall x A$	$\forall x A^\circ$
7	$\exists x A$	$\exists x A^\circ$

Примечание: Кружок отмечает объекты, соответствующие выражениям логики предикатов. Далее будем опускать знак  $^\circ$ , когда это не приводит к путанице.

Пусть  $\mathcal{T}$  - непустое множество типов переменных, причем для всякого типа  $\tau \in \mathcal{T}$  имеется счетный набор переменных  $x_\tau; x_1^\tau, x_2^\tau, \dots$ ;  $\mathcal{C}$  - множество констант типа  $\tau$  для всякого  $\tau$ ;  $\mathcal{P}$  - множество предикатных символов  $P_i, i$  типа  $(\tau_i,$

...,  $\tau_n$ ),  $i = 1, \dots, n$ .

Предполагается, что если  $\tau_1, \dots, \tau_n$  - типы, то  $(\tau_1, \dots, \tau_n)$  - тип.

1.2. Определение  $Tm_\tau$  термов типа  $\tau$ :

1) если  $c^\tau \in \mathcal{C}$ , то  $c^\tau$  - терм типа  $\tau$ ;

2) если  $x^\tau \in \mathcal{V}_\tau$ , то  $x^\tau$  - терм типа  $\tau$ ;

3) если  $s \in Tm(\sigma, \tau)$ , а  $t \in Tm_\sigma$ , то  $(st) \in Tm_\tau$ ;

4) если  $y \in \mathcal{V}_\tau$ , а  $s \in Tm_\sigma$ , то  $(\lambda y s) \in Tm(\sigma, \tau)$

и  $y$  становится связанной переменной.

Множество всех термов обозначается  $Tm$ .

1.3. Если  $d \in \mathcal{P}$  или  $d \in \mathcal{V}_\tau(\tau_1, \dots, \tau_n)$

( $d$  - свободная переменная) и  $t_1 \in Tm_{\tau_1}, \dots, t_n \in Tm_{\tau_n}$ , то  $d(t_1, \dots, t_n)$  - атомарная формула.

1.4. Если  $A$  и  $B$  - атомарные формулы, то  $A, B, (\neg A), (A \& B), (A \vee B), (A \supset B)$  - формулы.

1.5. Если  $A$  - формула,  $a^\tau$  - свободная переменная,  $x^\tau$  - не входящая в  $A$  переменная того же типа и  $A'$  получается из  $A$  заменой всех вхождений  $a^\tau$  на  $x^\tau$ , то  $\forall x^\tau A'$  и  $\exists x^\tau A'$  - формулы.

1.6. Исследуются фрейм-системы, предложенные в /1, 2/, с точки зрения их выразительных возможностей.

Основные соглашения. В качестве исходных объектов примем оператор формальной импликации  $\Xi$  и переменные /3/, это неопределяемые объекты. Для порождения новых объектов из уже имеющихся введем оператор аппликации и оператор абстракции.

Тогда, если  $a$  и  $b$  - объекты,  $x$  - переменная, то  $(ab)$  и  $\lambda x a$  считаются объектами. В дальнейшем  $a, b, c$  - будут обозначать произвольные объекты, а  $x_1, x_2, \dots, y_1, y_2, \dots, v, z_1, \dots$  - переменные.

$\lambda$ - оператор является единственным оператором, связывающим переменные; обозначение  $[a_1, \dots, a_n / x_1, \dots, x_n] b$  понимается как результат одновременной подстановки  $a_1, \dots, a_n$  в объект  $b$  вместо соответствующих свободных вхождений различных переменных  $x_1, \dots, x_n$ ; выражение " $x_1, \dots, x_n \notin a_1, \dots, a_n$ " обозначает, что переменные  $x_1, \dots, x_n$  не имеют свободных вхождений в объекты  $a_1, \dots, a_n$ .

Слова вида  $a \text{ conv } b$  и  $\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Delta$  считаются фреймами, причем первое из них  $\lambda$  - фреймом. Буквы  $\Gamma, \Delta, \Theta, \Lambda, \mathcal{C}$ ,  $\mathcal{D}$  используются для обозначения наборов объектов. В частности, наборы могут вообще не содержать объектов. Опущенные скобки восстанавливаются "по ассоциации влево". Фреймы вида  $\Gamma, \Delta \Leftarrow f \rightarrow \Lambda, \Theta$ , понимаются как: "если  $\Gamma \& \Delta$ , то  $\Lambda \vee \Theta$ ",

вида  $\Gamma, \Delta \Leftarrow f$  как " $\Gamma \& \Delta$  приводит к противоречию", вида  $f \rightarrow \Lambda, \Theta$ , - как "имеет место  $\Lambda \vee \Theta$ ". Пустой фрейм  $\Leftarrow f \rightarrow$  обозначает, что в рассматриваемой системе имеется противоречие.

I.7. Постулаты  $\lambda$  - конверсии. Далее " $conv$ " обозначает отношение конвертируемости между объектами

$$\alpha: \lambda \vee a \text{ conv } \lambda z [z/v] a, (z \neq a);$$

$$\beta: (\lambda x a) \vee \text{ conv } [v/x] a.$$

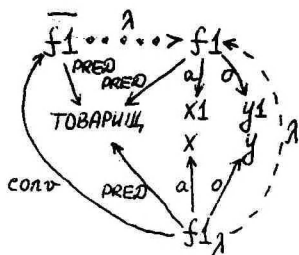
Среди все переменных выделим два счетных подмножества (непересекающихся). Элементам первого из них поставим в соответствие предикатные переменные, а элементам второго - предметные. Тогда запись  $P(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ , где  $P$  - предикатная, а  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  - предметные переменные, будут использоваться в привычном виде:  $P(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ .

Часто переменные будут пониматься как ролевые переменные:

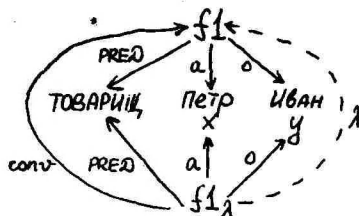
$\langle a, x \rangle, \langle o, y \rangle, \langle d, z \rangle, \dots$ , где  $a$  - агент,  $o$  - объект действия и т.д.

Пример I. В силу введенные соглашений постулатам  $\alpha$  и  $\beta$  будут отвечать конверсии

$\lambda x y \text{ ТОВАРИЩ} (\langle a, x \rangle, \langle o, y \rangle) \text{ conv } \lambda x_1 y_1 [x_1/x, y_1/y] \text{ ТОВАРИЩ} (\langle a, x \rangle, \langle o, y \rangle)$  и  $\lambda x y \text{ ТОВАРИЩ} (\langle a, x \rangle, \langle o, y \rangle)$  (Петр, Иван)  $\text{ conv } [\text{Петр, Иван}/x, y] \text{ ТОВАРИЩ} (\langle a, x \rangle, \langle o, y \rangle)$  соответственно. Графическое представление приведено на рис. I.



Постулат  $\alpha$



Постулат  $\beta$

Рис. I. Примеры использования постулатов для  $\lambda$  - фреймов

Постулаты  $\mu, \nu, \xi, \tau, \sigma$  используются в виде (дано сокращенное графическое представление):

$$\mu: \frac{a \xrightarrow{\text{conv}} b}{ca \xrightarrow{\text{conv}} cb}; \quad \nu: \frac{a \xrightarrow{\text{conv}} b}{ac \xrightarrow{\text{conv}} bc}; \quad \xi: \frac{a \xrightarrow{\text{conv}} b}{\lambda x a \xrightarrow{\text{conv}} \lambda x b};$$

$$\tau: \frac{a \xrightarrow{\text{conv}} b; b \xrightarrow{\text{conv}} c}{a \xrightarrow{\text{conv}} c}; \quad \sigma: \frac{a \xrightarrow{\text{conv}} b}{b \xrightarrow{\text{conv}} a}$$

I.8. Постулаты расширения  $\lambda \Xi$  - системы Фреймов

1. 
$$\frac{a \xrightarrow{\text{conv}} b}{a \Leftarrow f \rightarrow b}$$

2. 
$$\frac{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Theta}{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Theta \\ \rightarrow a \end{matrix}}$$

3. 
$$\frac{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Theta}{\begin{matrix} a \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta}$$

4. 
$$\frac{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Theta \\ \rightarrow a \\ \rightarrow a \end{matrix}}{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Theta \\ \rightarrow a \end{matrix}}$$

5. 
$$\frac{\begin{matrix} a \\ \uparrow \\ a \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta}{\begin{matrix} a \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta}$$

6. 
$$\frac{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Lambda \\ \rightarrow a \\ \rightarrow a \\ \rightarrow \Theta \end{matrix}}{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Lambda \\ \rightarrow b \\ \rightarrow \Theta \end{matrix}}$$

7. 
$$\frac{\begin{matrix} \Delta \\ \uparrow \\ a \\ \uparrow \\ b \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta}{\begin{matrix} \Delta \\ \uparrow \\ b \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta}$$

8. 
$$\frac{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Theta \\ \rightarrow a \end{matrix}; a \xrightarrow{\text{conv}} b}{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Theta \\ \rightarrow b \end{matrix}}$$

9. 
$$\frac{\begin{matrix} a \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta; b \xrightarrow{\text{conv}} a}{\begin{matrix} b \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta}$$

10. 
$$\frac{\begin{matrix} ax \\ \uparrow \\ \Gamma \end{matrix} \Leftarrow f \rightarrow \Theta; x \notin a, b, \Gamma, \Theta}{\Gamma \Leftarrow f \begin{matrix} \rightarrow \Theta \\ \rightarrow \Xi ab \end{matrix}}$$

II. 
$$\frac{\begin{matrix} \Delta \Leftarrow p \rightarrow \Lambda \\ \rightarrow ac \end{matrix} \quad \begin{matrix} \Gamma \Leftarrow q \rightarrow \Theta \\ \rightarrow bc \end{matrix}}{\begin{matrix} \Xi ab \\ \uparrow \\ \Delta \Leftarrow r \rightarrow \Lambda \\ \uparrow \\ \Gamma \Leftarrow r \rightarrow \Theta \end{matrix}}$$

В сформулированной системе можно построить объекты (фреймы)  $\supset, \&, \vee, \neg, \forall, \exists$ , обладающие свойствами логических связок и кванторов в смысле их правил введения. Таким образом, в  $\lambda E$ -системе фреймов выводимы следующие правила действий над фреймами:

Логические правила

$$\neg: \frac{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Delta}{\neg \Delta \Leftarrow f \rightarrow \Gamma}; \quad \neg\Gamma: \frac{\Delta \Leftarrow f \rightarrow \Gamma}{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \neg \Delta}; \quad \&*: \frac{C \Leftarrow f \rightarrow \Delta}{C \& \Delta \Leftarrow f \rightarrow \Delta};$$

$$\frac{\Delta \Leftarrow f \rightarrow \Gamma}{C \& \Delta \Leftarrow f \rightarrow \Delta}; \quad \&: \frac{\Gamma \Leftarrow P \rightarrow C \quad \Delta \Leftarrow Q \rightarrow \Gamma}{\Gamma \Leftarrow 2 \rightarrow C \& \Delta};$$

$$\vee*: \frac{\Delta \Leftarrow P \rightarrow C \quad \Delta \Leftarrow Q \rightarrow \Delta}{C \vee \Delta \Leftarrow 2 \rightarrow \Delta}; \quad \vee: \frac{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow C \quad \Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Delta}{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow C \vee \Delta}; \quad \frac{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Delta}{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow C \vee \Delta};$$

$$\supset*: \frac{\Gamma \Leftarrow P \rightarrow C \quad \Delta \Leftarrow Q \rightarrow \Gamma}{C \supset \Delta \Leftarrow 2 \rightarrow \Gamma}; \quad \supset: \frac{C \Leftarrow f \rightarrow \Delta}{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow C \supset \Delta};$$

$$\forall*: \frac{P(t) \Leftarrow f \rightarrow \Delta}{\forall x F(x)}$$

( $t$  - произвольный терм);

$$*V: \frac{\Gamma \Leftarrow f \Rightarrow \Delta \quad \Gamma \Leftarrow f \Rightarrow F(a)}{\Gamma \Leftarrow f \Rightarrow \forall \lambda x F(x)}$$

( $a$  - переменная; не входит в нижний фрейм);

$$\exists*: \frac{F(a) \Leftarrow f \rightarrow \Delta \quad \exists \lambda x F(x) \Leftarrow f \rightarrow \Delta x}{\Gamma \Leftarrow f \rightarrow \Delta}$$

( $a$  - переменная не входит в нижний фрейм);

$$*I: \frac{F \Leftarrow f \Rightarrow \Delta \quad \Gamma \Leftarrow f \Rightarrow \exists \lambda x F(x)}{\Gamma \Leftarrow f \Rightarrow F(t)}$$

( $t$  - произвольный терм);

Правило сечения:

$$\frac{\Gamma \Leftarrow P \Rightarrow \Delta \quad \Delta \Leftarrow Q \rightarrow \Lambda}{\Gamma \Leftarrow P \Rightarrow \Lambda}$$

1.9. В качестве примера, рассмотрим, как зная, что если некто передает кому-то книги и этому некто нравятся книги, то этому некто также нравится лицо, которому передаются книги.

Кроме того, пусть Джон передает книги Мери. Следует ли отсюда, что Джону нравится Мери?

Введем роли аргументов:  $a$  - аргумент действия,  $o$  - объект действия,  $re$  - реципиент, т.е. лицо, на которое направлено действие.

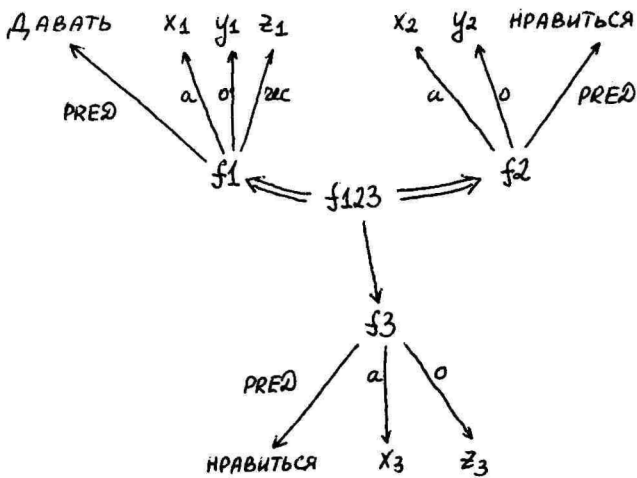
1) Исходная общая ситуация-1 характеризуется фреймами  $f_1, f_2, f_3$  и схемой  $f_{123}$  (рис. 2).

2) Воспользуемся постулатом  $\alpha$ . Исходная ситуация характеризуется фреймами  $\bar{f}_1, \bar{f}_2, \bar{f}_3$  и схемой  $\bar{f}_{123}$  (рис. 3). Выполнена следующая замена переменных:  $x_1$  на  $x$ ,  $y_1$  на  $y$ ,  $x_2$  на  $x$ ,  $y_2$  на  $y$ ,  $x_3$  на  $x$ ,  $z_3$  на  $z$ .

3) Частная исходная ситуация-2 характеризуется фреймами  $\bar{f}_1, \bar{f}_2$  и схемой  $\bar{f}_{123}$  (рис. 4).

4) Общий ход рассуждения (рис. 5а) должен допускать применение правила сечения (рис. 5б), но предварительно требуется "согласовать" посылки, выполнив подстановки. Пользуемся постулатом  $\beta$  (рис. 7).

5) Применяя правило сечения, извлекаем утверждение: НРАВИТСЯ ( $\langle a, \text{Джон} \rangle, \langle o, \text{Мери} \rangle$ ).

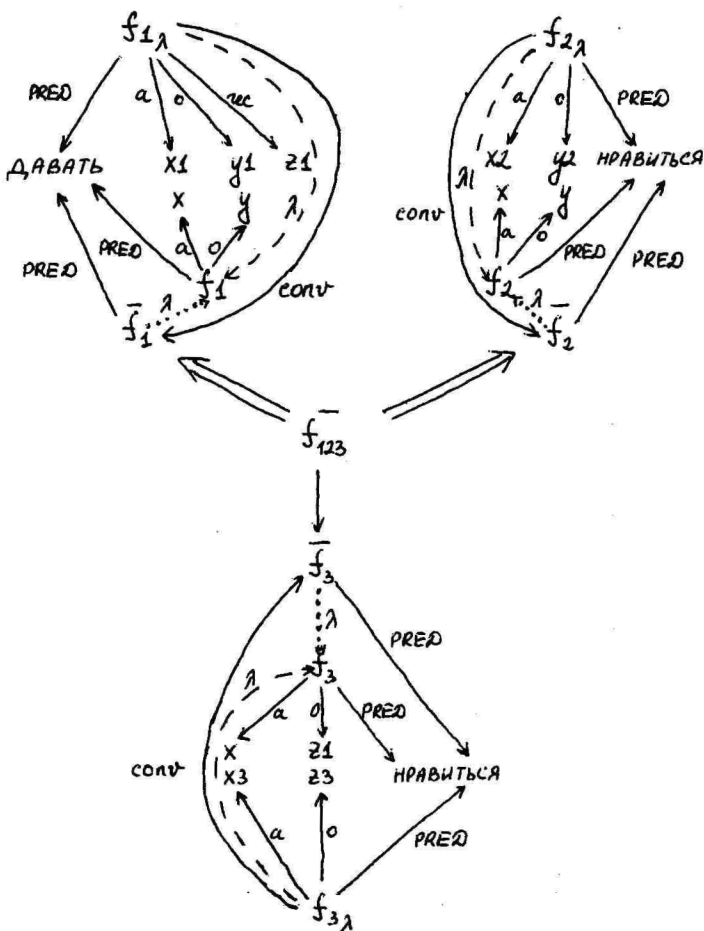


$f1 \Rightarrow$  ДАВАТЬ  $(\langle a, x_1 \rangle, \langle o, y_1 \rangle, \langle zс, z_1 \rangle)$ ,

$f2 \Rightarrow$  НРАВИТЬСЯ  $(\langle a, x_2 \rangle, \langle o, y_2 \rangle)$ ,

$f3 \Rightarrow$  НРАВИТЬСЯ  $(\langle a, x_3 \rangle, \langle o, z_3 \rangle)$

Рис. 2. Исходные фреймы I.



$\bar{f}_1 \Rightarrow \lambda x y z 1$  ДАВАТЬ  $(\langle a, x \rangle, \langle 0, y \rangle, \langle acc, z1 \rangle)$   
 $\bar{f}_2 \Rightarrow \lambda x y$  НРАВИТЬСЯ  $(\langle a, x \rangle, \langle 0, y \rangle)$   
 $\bar{f}_3 \Rightarrow \lambda x z 1$  НРАВИТЬСЯ  $(\langle a, x \rangle, \langle 0, z1 \rangle)$

Рис. 3. Исходное утверждение I. Используется постулат  $\alpha$

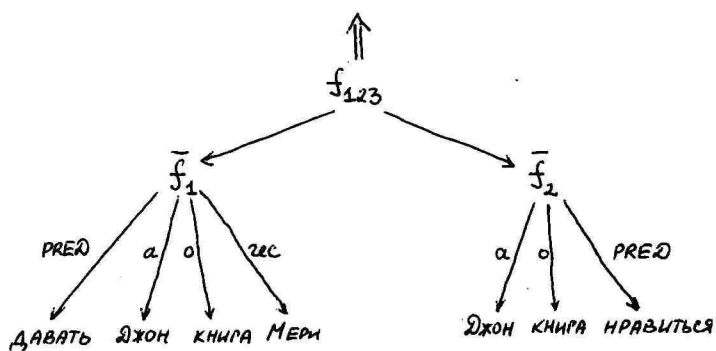


Рис. 4. Исходные фреймы 2.

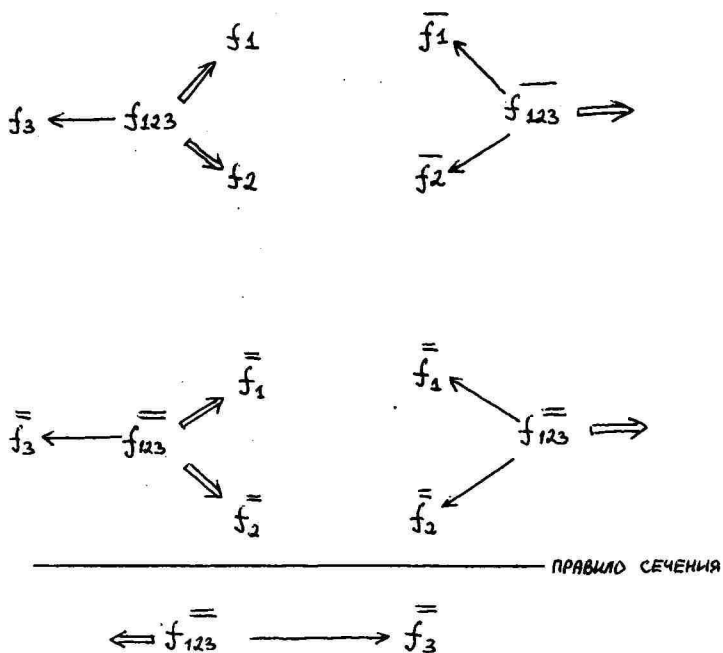


Рис. 5. Общий фрейм рассуждения

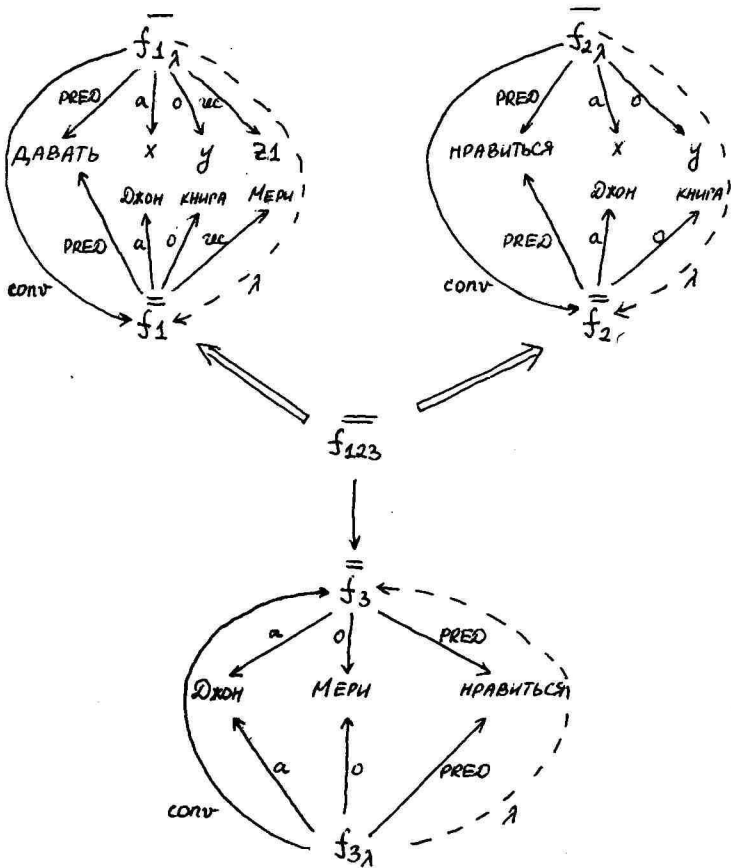


Рис. 7. Результирующее утверждение

I.10. Предструктурой назовем набор

$$\langle \{T^\sigma\}, \{A_{\sigma\tau}\} \rangle,$$

где  $T^\sigma$  - непустое множество для каждого  $\sigma \in \mathcal{T}$  и для любых  $\sigma, \tau \in \mathcal{T}$ . Потребуем выполнение условия расширяемости

$$A_{\sigma\tau} : T^{(\sigma, \tau)} \times T^\sigma \rightarrow T^\tau$$

(экстенциональности, *ext*): если  $x, y \in T^{(\sigma, \tau)}$  и для любого  $z \in T^\sigma$  имеет место  $A_{\sigma\tau}(x, z) = A_{\sigma\tau}(y, z)$  то  $x = y$ .

I.11. Добавим к рассматриваемому языку для каждого  $\tau \in \mathcal{T}$  все элементы области (домена)  $T^\tau$  в качестве новых констант типа  $\tau$ . Кроме того, определим в системе  $\langle \{T^\sigma\}, \{A_{\sigma\tau}\} \rangle$  назначение как функцию  $f$ , определенную на множестве всех переменных, такую, что  $f(x_n^\sigma) \in T^\sigma$ . Обозначим  $Asf$  множество всех назначений.

I.12. Структурой назовем систему

$$\langle \{T^\sigma\}, \{A_{\sigma\tau}\}, Val \rangle,$$

где  $\langle \{T^\sigma\}, \{A_{\sigma\tau}\} \rangle$  - предструктура, а  $Val$  - отображение

$$Val : \overline{tm} \times Asf \rightarrow \bigcup_{\sigma \in \mathcal{T}} T^\sigma.$$

Потребуем выполнение следующих условий:

$$1) Val(x^\sigma, f) = f(x^\sigma), x^\sigma \in \overline{Vr}_\sigma, f \in Asf;$$

$$2) Val((st), f) = A_{\sigma\tau}(Val(s, f), Val(t, f)),$$

где  $s \in \overline{tm}_{(\sigma, \tau)}$ ,  $t \in \overline{tm}_\sigma$ .

3) для всех  $a \in T^\sigma$

$$A_{\sigma\tau}(Val((\lambda x, s), f), a) = Val(s, f_a^x),$$

где  $s \in \overline{tm}_\tau$ ,  $x \in \overline{Vr}_\sigma$ , а  $f_a^x$  задана посредством

$$f_a^x(y) = \begin{cases} f(y) & , \text{ если } y \neq x, \\ a & , \text{ если } y = x. \end{cases}$$

1.13. Пусть  $\langle B, \leq \rangle$  — булева алгебра.

Каждому  $n$ -местному предикатному символу  $P \in \mathcal{P}$  сопоставим  $n$ -местную функцию  $\bar{P}: T^{\tau_1} \times \dots \times T^{\tau_n} \rightarrow B$ ,

$$Val(P, f) \Rightarrow \bar{P}$$

Определим функцию, сопоставляющую замкнутым термам значение. Если  $a \in T^{\tau}$ , то положим  $Val(a, f) = a$ .

$$1) Val(P(t_1, \dots, t_n), f) = \bar{P}(Val(t_1, f), \dots, Val(t_n, f)),$$

$$2) Val(\mathcal{P} \& \mathcal{Y}, f) = Val(\mathcal{P}, f) \& Val(\mathcal{Y}, f),$$

$$3) Val(\mathcal{P} \vee \mathcal{Y}, f) = Val(\mathcal{P}, f) \vee Val(\mathcal{Y}, f),$$

$$4) Val(\mathcal{P} \supset \mathcal{Y}, f) = Val(\mathcal{P}, f) \supset Val(\mathcal{Y}, f),$$

$$5) Val(\forall x \mathcal{P}, f) = \&\{Val(\mathcal{P}[q/x], f) \mid q \in T^{\tau_i}, x \in \mathcal{V}_{\tau_i}\},$$

$$6) Val(\exists x \mathcal{P}, f) = \vee\{Val(\mathcal{P}[q/x], f) \mid q \in T^{\tau_i}, x \in \mathcal{V}_{\tau_i}\},$$

$$7) Val(\lambda x_1 \dots \lambda x_n \mathcal{P}, f) \text{ есть функция } \Phi, \Phi: T^{\tau_1} \times \dots \times T^{\tau_n} \rightarrow B,$$

$x_i \in \mathcal{V}_{\tau_i}$ , такая, что для любых  $q_i \in T^{\tau_i}$

$$\Phi(q_1, \dots, q_n) = Val(\mathcal{P}[q_1, \dots, q_n/x_1, \dots, x_n], f).$$

При этом значение  $Val(\lambda x_1 \dots \lambda x_n \mathcal{P}, f)$  определено, если определены все значения  $Val(\mathcal{P}[q_1, \dots, q_n/x_1, \dots, x_n], f)$  и помимо этого,  $\Phi \in T^{\tau}$ ,

где  $\tau = (\tau_1, \dots, \tau_n)$ .

$$8) Val(t_1, \dots, t_n \in t, f) = A(Val(\in, f), (Val(t_1, f), \dots, Val(t_n, f)))$$

$$9) Val(P \Leftarrow P \rightarrow \Delta, f) = Val(\neg \neg \vee \Delta, f),$$

$$10) Val(\neg A, f) = true \quad \text{тогда и только тогда, когда} \\ Val(A, f) = false.$$

2. Точные определения операций алгебры фреймов.

Рассмотрим некоторое множество  $X$  и множество всех его под-

множеств  $PX$ .

Определим отношение теоретико-множественного включения:

$p \subseteq q$  тогда и только тогда, когда

$$\forall x (x \in p \Rightarrow x \in q \text{ для } p, q \in PX)$$

и будем рассматривать пару  $\langle PX, \subseteq \rangle$ .

Легко может быть показано, что  $\langle PX, \subseteq \rangle$  образует полную булеву алгебру. Напомним, что булева алгебра называется полной, если для любого подмножества элементов алгебры можно указать точную верхнюю грань и точную нижнюю грань.

2.1. Пусть  $P, Q \in P$  - предикаты,  $P(x_1, \dots, x_n)$ ,  $Q(y_1, \dots, y_m)$  и  $p, q$  - соответствующие им элементы булевой алгебры,

$$p, q \in PX, \lambda x_1 \dots x_n P(x_1, \dots, x_n) = p,$$

$$\lambda y_1 \dots y_m Q(y_1, \dots, y_m) = q.$$

2.2. Конъюнкцией  $p$  и  $q$ , обозначаемой  $p \& q$ , считается

$$p \& q = p \cap q = \{x \mid x \in p \& x \in q\}.$$

Пусть  $x_i, y_j \in \mathcal{V}_{\tau_1}$ ;  $x_k, y_l \in \mathcal{V}_{\tau_k}$  переменные из  $P, Q$ . Этот список, в частности, может быть пуст. Пусть также имеется список, может быть пустой  $z_1 = \mathcal{V}_{\tau_1}, \dots, z_k = \mathcal{V}_{\tau_k}$ . Тогда

$$p \& q = \lambda x_1 \dots z_1 \dots z_k \dots x_n [z_1, \dots, z_k \mid x_{i_1}, \dots, x_{i_k}]$$

$$P(x_1, \dots, x_n) \cap \lambda y_1 \dots z_1 \dots z_k \dots y_m$$

$$[z_1, \dots, z_k \mid y_{j_1}, \dots, y_{j_k}] Q(y_1, \dots, y_m) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \&(p x_{i_1} \dots x_{i_k}, q y_{j_1} \dots y_{j_k}).$$

Это точное понимание п. 2 из I.13.

2.3. Дизъюнкцией  $p$  и  $q$ , обозначаемой  $p \vee q$ , считается

$$p \vee q = p \cup q = \{x \mid x \in p \vee x \in q\}.$$

Пусть  $x_i, y_j \in \mathcal{V}_{\tau_1}, \dots, x_k, y_l \in \mathcal{V}_{\tau_k}$  - переменные из  $P, Q$ . Этот список, в частности, может быть пустой:  $z_1 \in \mathcal{V}_{\tau_1}, \dots, z_k \in \mathcal{V}_{\tau_k}$ . Тогда  $p \vee q = \lambda x_1 \dots z_1 \dots z_k \dots x_n [z_1, \dots, z_k \mid$

$$x_{i_1}, \dots, x_{i_k}] P(x_1, \dots, x_n) \cup \lambda y_1 \dots z_1 \dots z_k \dots y_m [z_1, \dots, z_k \mid$$

$$y_{j_1}, \dots, y_{j_k}] Q(y_1, \dots, y_m) \Leftrightarrow \vee(p x_{i_1} \dots x_{i_k}, q y_{j_1} \dots y_{j_k}).$$

Это точное понимание п. 3 из I.13.

2.4. Импликацией  $p$  и  $q$ , обозначаемой  $p \supset q$ , считается

$$p \supset q = \{x \in X \mid x \in p \Rightarrow x \in q\}$$

Пусть  $x_{i_1}, y_{j_1} \in \mathcal{V}_{\mathcal{L}_{\tau_1}}, \dots, x_{i_k}, y_{j_k} \in \mathcal{V}_{\mathcal{L}_{\tau_k}}$  - переменные из  $P, Q$ . Этот список, в частности, может быть пуст. Пусть также имеется список может быть пустой,

$$z_1 \in \mathcal{V}_{\mathcal{L}_{\tau_1}}, \dots, z_k \in \mathcal{V}_{\mathcal{L}_{\tau_k}}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} p \supset q &= \lambda x_1 \dots z_1 \dots z_k \dots x_n [\lambda z_1, \dots, z_k / x_{i_1}, \dots, x_{i_k}] \\ &\quad \cdot P(x_1, \dots, x_n) \Rightarrow \lambda y_1 \dots z_1 \dots z_k \dots y_m [\lambda z_1, \dots, \\ &\quad z_k / y_{j_1}, \dots, y_{j_k}] Q(y_1, \dots, y_m) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \supset (p x_{i_1} \dots x_{i_k}, q y_{j_1} \dots y_{j_k}). \end{aligned}$$

Это точное понимание п. 4 из I.13.

2.5. Отрицанием  $p$ , обозначаемым  $\neg p$ , считается

$$\neg p = X \setminus p = \{x \in X \mid x \notin p\}.$$

Пусть  $x_1 \in \mathcal{V}_{\mathcal{L}_{\tau_1}}, \dots, x_n \in \mathcal{V}_{\mathcal{L}_{\tau_n}}$  - переменные из  $P$ .

Пусть  $T^{\tau_1}, \dots, T^{\tau_n}$  - непустые множества для  $\tau_1, \dots, \tau_n \in \mathcal{T}$  соответственно. Тогда

$$\begin{aligned} \neg p &= \lambda x_1 \dots x_n \neg P(x_1, \dots, x_n) = (T^{\tau_1} x_1 \dots x_n T^{\tau_n}) \setminus \\ &\quad (\lambda x_1 \dots x_n P(x_1, \dots, x_n)). \end{aligned}$$

2.6.  $\top = X$ , т.е.  $\top = T^{\tau_1} x_1 \dots x_n T^{\tau_n}$ , где  $\{\tau_1, \dots, \tau_n\} = \mathcal{T}$ .

2.7.  $\perp = \emptyset$ .

2.8. Если  $c \subseteq pX$ , то  $\forall c = \cup c = \{x \in X \mid (\exists p \in c)(x \in p)\}$ .

Эту запись следует понимать в точности, как п. 6. из I.13.

2.9. Если  $c \subseteq pX$ , то

$$\forall c = \cap c = \{x \in X \mid (\forall p \in c)(x \in p)\}.$$

Эту запись следует понимать в точности как п. 5 из I.13.

3. Представление знаний фреймами:  $K$  - шкала.

Определим на  $X$  функцию  $G$  такую, что если  $p \in X, G(p) \subseteq pX$ .

Другими словами,  $G$  задает некоторое семейство подмножеств  $X$ . Рассмотрим структуры  $\langle X, \leq \rangle$  и  $\langle X, \leq, G \rangle$ . "Моменты" структуры (любой из двух) будем интерпретировать как возможные состояния знания познающего субъекта. Таким образом  $p \leq q$  можно рассматривать как " $p$  более позднее по сравнению с  $q$ " состояние знаний субъекта. Другими словами,  $p$  - более подробная информация при изучении реальности, чем информация  $q$ . Часто удобно отношение  $\leq$  понимать как упорядоченность в физическом времени, упорядочение исследований в пространстве, организацию информации по степени подробности, более точные поколения программ, иерархию данных в базе данных, иерархию фреймов и т.п.

В качестве основного допущения считает, что субъект-исследователь со временем не утрачивает знания (принцип сохранности) и, что субъект имеет неограниченные ресурсы во времени и в пространстве (принцип потенциальной осуществимости).

3.1. K - шкала фреймов. Рассматривается структура  $\langle T, \leq \rangle$  со свойствами для всех  $p, q, r \in T$

$$1) p \leq p;$$

$$2) p \leq q, q \leq r \Rightarrow p \leq r$$

(квазиупорядочение). Далее, всякому  $t \in T$  сопоставляется

$$[t] = \{t' \in T \mid t' \leq t\}$$

Множество  $[t]$  называется острым конусом, порожденным  $t$ .

Рассмотрим подмножества  $p \subseteq T$  такие, что  $(\forall t, t' \in T)$

$(t \in p, t' \leq t \Rightarrow t' \in p)$ . Алгебру всех таких подмножеств назовем K - шкалой фреймов (обозначается  $K \langle T, \leq \rangle$ ).

3.2. BK - шкала фреймов. Рассматривается квазиупорядоченная структура  $\langle T, \leq \rangle$ , где  $P_T$  обозначает множество всех подмножеств  $T$ . Квазиупорядочение на  $P_T$  определяется для  $t', t_T \in P_T$ :

$$t'_T \leq t_T \Leftrightarrow (\forall t \in t_T) (\exists t' \in t'_T) (t' \leq t).$$

Дополнительно вводится функция  $G$  согласно 3.

Если  $t_T \in G(t)$ , то  $t_T$  называют путем, выходящим из момента  $t$ . Иногда функцию  $G$  называют спектром возможностей, имея в виду, что речь идет о том "знании" в  $t'$ , которое предварительно возможно в  $t$ . Считается, что  $t' \leq t$ . Проекция из

"мира в"  $t$  на "временной экран" в  $t'$  проиллюстрирована на рис. 8. Точки (обозначены  $X$ ), в которых лучи проекции из  $t$

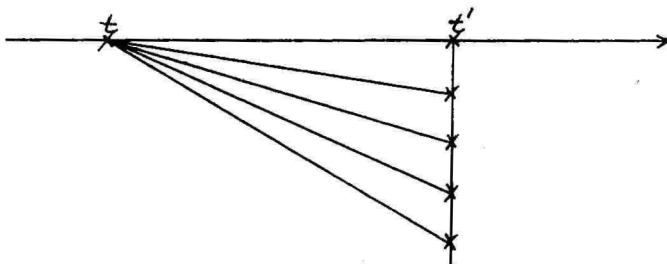


Рис. 8. Временный экран в  $t'$

падают на временной экран в  $t'$ , представляют конъюнкции фреймов или их отрицаний  $F_{t'}$ , таких что эти фреймы выражают истинные или ложные суждения при определении относительно времени  $t'$ . Эти конъюнкции фреймов описывают фрагменты различных возможных состояний мира в  $t'$ . Точки на горизонтальной оси представляют действительное состояние мира (действительное знание) в данное время. Эти рассуждения приводят к условию:

$$(I) (\forall t_T \in G(t)) \exists t'(t' \leq t_T),$$

которое назовем условием временного экрана.

3.2.1. Пусть в момент  $t''$  олень убежал от охотника, и это оказалось неизбежным, поскольку охотник находился далеко и ему мешали деревья. Однако в момент  $t''$  совершенно не обязательно могли сложиться такие "обстоятельства". Если бы в момент  $t$  охотник стал бы приближаться к оленю, то он мог бы сделать удачный выстрел. Но в момент  $t'$  олень уже заметил охотника и побежал. Теперь даже если бы охотник выстрелил, то уже не попал бы. Такие ситуации приводят к рассмотрению дополнительных ограничений на спектр возможностей  $G$ :

$$(2) t' \leq t_T \in G(t) \Rightarrow (\exists t'' \in G(t))(t'' \leq t' \ \& \ t'' \leq t)$$

$$[ (2') t' \leq t_T \in G(t) \Rightarrow t' \leq t ]$$

и

$$(3) t' \leq t \Rightarrow (\forall t_T \in G(t')) (\exists t_T \in G(t))(t_T' \leq t_T)$$

$$[ (3') t' \leq t \Rightarrow G(t') \subseteq G(t) ].$$

Условия (2) и (3) совместно, а также их следствия (2) и (3) называются сужением спектра возможностей. Действительно, в  $t$  ранее оленя еще можно было застрелить, однако в момент  $t'$  и позже это сделать уже было невозможно.

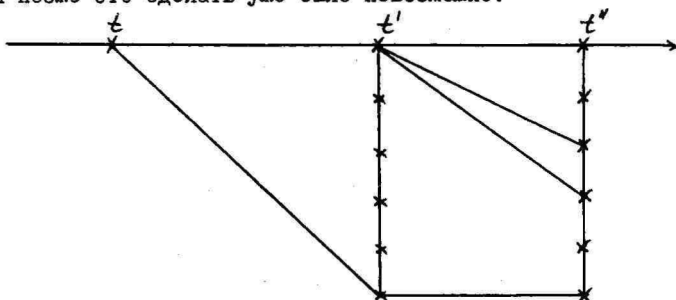


Рис. 9. Сужение спектра возможностей

3.2.2. Пусть задана упорядоченность моментов структуры  $t'' \leq t' \leq t$  и пусть "ВОЗМОЖНО $_t F_t$ " - один из конъюнктивных компонент описания возможного состояния мира в  $t$  тогда и только тогда, когда  $F_{t''}$  конъюнктивный компонент фрейма одного (или более) состояния мира в  $t''$  в спектре возможностей (рассматривается временной экран в  $t''$  и проекция из  $t$ ). Тогда "ВОЗМОЖНО $_t$ ", что ВОЗМОЖНО $_{t'} F_{t''}$  - фрейм описания возможного состояния мира в  $t'$  тогда и только тогда, когда "ВОЗМОЖНО $_{t'} F_{t''}$ " есть компонент описания некоторого состояния в  $t'$  (рассматривается спектр возможностей для временного экрана в  $t'$  и исходного состояния в  $t$ ). Поскольку этот второй спектр возможностей может быть шире спектра с экраном в  $t''$  и исходной точкой  $t$  из-за дополнительных возможностей, то

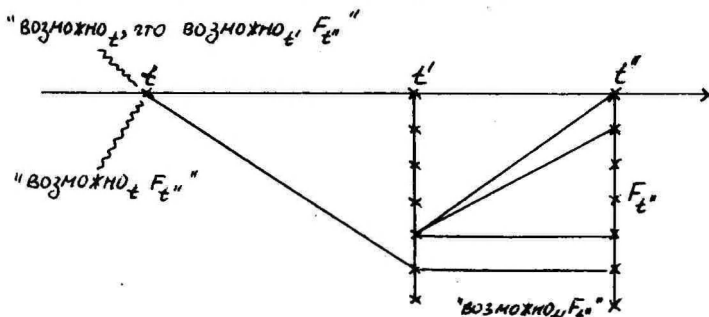


Рис. 10. Диахроническое расширение спектра возможностей

"ВОЗМОЖНО  $F_t$ " является компонентом описания состояния мира в  $t$  (при условии, конечно, что "ВОЗМОЖНО  $t$ ", что ВОЗМОЖНО  $F_t$ " - компонент этого описания. Графическая иллюстрация приведена на рис. 10, а дополнительное ограничение на  $G$  имеет вид

$$(4) t' \in t_T \in G(t) \Rightarrow (\exists t'_T \in G(t')) (t_T \leq t'_T)$$

и может быть названо диахроническим расширением спектра возможностей.

4. K - алгебра фреймов. Рассматривается семейство острых конусов и k- шкала фреймов  $\langle T, \leq \rangle$ . Напомним, что подмножества  $P \subseteq T$  в этой шкале обладают тем свойством, что

$$(\forall t, t' \in T) (t \in P, t' \leq t \Rightarrow t' \in P).$$

В этом случае алгебраические операции обладают определенной спецификой. Начиная с этого момента предполагаем непостоянные предметные области  $T^t$ , а именно: вводятся в рассмотрение области уже познанных (обнаруженных) к моменту  $t$  предметных объектов  $T_t^t$ :

Если  $t' \leq t$ , то  $T_{t'}^t \subseteq T_t^t$ .

$Val^t(F, f)$  означает, что в ситуации  $t$  субъект устанавливает истинность фрейма  $F$ ,  $Val_{t' \leq t}(F, f)$  означает, что исследование проводится в произвольный более поздний, чем  $t$ , момент. Пусть, как и в п. 2, для предикатов - фреймов  $F1, F2$  и  $F2 \in P$  имеет место

$$F1 = F1(x_1, \dots, x_n), F2 = F2(y_1, \dots, y_m),$$

$$Val(\lambda x_1 \dots x_n F1, f) \Rightarrow F1,$$

$$Val(\lambda y_1 \dots y_m F2, f) \Rightarrow F2.$$

Пусть  $\{x_1, \dots, x_n\}, \{y_1, \dots, y_m\}, \{x_{i_1}, \dots, x_{i_k}\}, \{y_{j_1}, \dots, y_{j_k}\}$  - множество переменных. Будем обозначать

$$\{x_1, \dots, x_{n-k}\} \hat{=} \{x_1, \dots, x_n\} \setminus \{x_{i_1}, \dots, x_{i_k}\},$$

$$\{y_1, \dots, y_{m-k}\} \hat{=} \{y_1, \dots, y_m\} \setminus \{y_{j_1}, \dots, y_{j_k}\}$$

где

$$k \leq \min\{n, m\}$$

например, обозначает такой список переменных, что

$$x_1, \dots, x_{i_1-1}, z_1, \dots, z_{i_1-1}, z_{i_1}, \dots, x_n; \wedge x_n$$

служит для сохранения записи  $\lambda x_1 \dots x_n$ .

Предполагается также, что для произвольного фрейма  $F$  имеет место

Если  $t' \leq t$ , то из  $Val^t(F, f)$  следует  $Val^{t'}(F, f)$  (принцип сохранности знания).

Конечно,

$$A_{\alpha\beta}(Val^t((\lambda x F), f), \alpha) = Val_{t' \leq t}^t(F, f_{\alpha}^x),$$

где произвольный предметный объект принадлежит области  $T_{t'}$ .

#### 4.1. Конъюнкция фреймов $F1$ и $F2$ .

$$\begin{aligned} Val^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k \dot{Y}_{m-k} [Z_k / X_{i_k}] F1 \& [Z_k / Y_{j_k}] F2, f) = \\ = Val^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) \cap \\ \cap Val^t(\bigwedge Y_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] F2, f). \end{aligned}$$

#### 4.2. Дизъюнкция фреймов $F1$ и $F2$ .

$$\begin{aligned} Val^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k \dot{Y}_{m-k} [Z_k / X_{i_k}] F1 \vee [Z_k / Y_{j_k}] F2, f) = \\ = Val^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) \cup \\ \cup Val^t(\bigwedge Y_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] F2, f). \end{aligned}$$

#### 4.3. Импликация фреймов $F1$ и $F2$ .

$$\begin{aligned} Val^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k \dot{Y}_{m-k} [Z_k / X_{i_k}] F1 \supset [Z_k / Y_{j_k}] F2, f) = \\ = Val_{t' \leq t}^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) \supset \\ \supset Val_{t' \leq t}^t(\bigwedge Y_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] F2, f). \end{aligned}$$

#### 4.4. Отрицание фрейма $F$ .

$$Val^t(\lambda x_1 \dots x_n \neg F, f) = \neg Val_{t' \leq t}^t(\lambda x_1 \dots x_n F, f).$$

4.5.  $Val^t(\perp, f)$  всегда ложно.

$$\begin{aligned} 4.6. Val^t(\forall Z_k \bigwedge X_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) = \\ = Val_{t' \leq t}^t(\bigwedge X_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] [A_k / Z_k] F1, f), \\ \forall A_k \in T_{t'}(T_{i_1}, \dots, T_{i_k}) \end{aligned}$$

где

$A_k$  - предметный объект.

4.7.

$$\begin{aligned} & \text{Val}^t (\forall z_k \wedge \dot{Y}_{m-k} z_k [z_k / y_k] F_2, f) = \\ & = \text{Val}^t (\wedge \dot{Y}_{m-k} z_k [z_k / y_k] [A_k / z_k] F_2, f), \\ & \exists A_k \in T_t^{(y_1, \dots, y_k)}, \end{aligned}$$

где

$A_k$  - предметный объект.

5. БК - алгебра Фреймов. Рассматривается БК - шкала  $\langle T, \leq, G \rangle$  и подмножества  $q \subseteq T$  со свойствами:  $t \in q$ , если на всяком пути, выходящем из  $t$ , имеется элемент  $t' \in q$ :

$$q = \{t \in T / (\forall t_T \in G(t)) (\exists t' \in t_T) (t' \in q)\},$$

где  $\rho \in T$  удовлетворяет свойству п. 4.

Принимаются следующие соглашения о предметных объектах, известных к моменту  $t$  (обозначаются  $T_t^t$ ):

(1)  $T_t^\tau \subseteq T^\tau$ , где  $\tau \in \mathcal{T}$ ;

(2) Если  $t' \leq t$ , то  $T_t^\tau \subseteq T_{t'}^\tau$ ;

(3) Непустота области исследования, т.е. в момент  $t$  неизвестно, как конкретно будут развиваться события и каков будет объект  $\alpha$ , который субъект обязательно обнаружит, но этот объект будет обязательно обнаружен:

$$(\forall t \in T) (\forall t_T \in G(t)) (\exists t' \in t_T) \exists \alpha (\alpha \in T_{t'}^\tau)$$

Обсудим теперь вопрос, как установить истинность фрейма  $F$ , находясь в ситуации  $t$ .

В момент  $t$  имеется спектр возможностей развития событий  $G(t)$ .

Пусть  $\{x_1, \dots, x_n\}, \{y_1, \dots, y_m\}$

- множество переменных. Будем обозначать

$$\{x_1, \dots, x_{n-k}\} \Rightarrow \{x_1, \dots, x_n\} \setminus \{x_{k+1}, \dots, x_n\},$$

$$\{y_1, \dots, y_{m-k}\} \Rightarrow \{y_1, \dots, y_m\} \setminus \{y_{k+1}, \dots, y_m\},$$

где

$$k \leq \min \{n, m\}.$$

$\text{Val}^t(F, f)$  означает, что устанавливая истинность фрейма в каждый более поздний, чем  $t$ , момент, субъект располагает спектром возможностей продолжения исследований  $G(t')$ . Ино-

гда употребляем сокращение  $Val_{t' \leq t}(F, f)$ .

$Val_{t', t}^{G(t)}(F, f)$  означает "для всякого пути исследования (познания мира)  $t_T$  из спектра возможностей  $G(t)$  на этом пути имеются такие моменты  $t'$ , что устанавливается истинность фрейма  $F$ ".

Для всякого фрейма  $F$  из БК - модели потребуем выполнение принципа сохранности знания:

(ж) Если  $Val^t(F, f)$  то  $Val^{t'}(F, f)$  конечно, в предположении, что  $t' \leq t$ . Кроме того, потребуем выполнение некоторого естественного условия: при наличии спектра возможностей  $G(t)$  знание развивается от  $t$  к  $t'$  произвольным образом; считаем, что и в  $t$  было уже достаточно знания для его установления:

(жж) Если  $Val_{t', t}^{G(t)}(F, f)$ , то  $Val^t[F, f]$ .

5.1. Конъюнкция фреймов  $F1$  и  $F2$ . Находясь в ситуации субъект считает истинным фрейм  $F1 \& F2$  тогда и только тогда, когда истинны  $F1$  и  $F2$

$$\begin{aligned} & (F1 = F1(x_1, \dots, x_n), F2 = F2(y_1, \dots, y_m)); \\ & Val^t(\lambda \dot{x}_1 \dots \dot{x}_{n-k}, z_1 \dots z_k, y_1 \dots y_{m-k} [z_1, \dots, z_k / \\ & / x_{i_1}, \dots, x_{i_k}] F1 \& [z_1, \dots, z_k / y_{j_1}, \dots, y_{j_k}] F2, f) = \\ & = Val^t(\lambda \dot{x}_1 \dots \dot{x}_{n-k} z_1 \dots z_k [z_1, \dots, z_k / x_{i_1}, \dots, x_{i_k}] F1, f) \cap \\ & \cap Val^t(\lambda \dot{y}_1 \dots \dot{y}_{m-k} z_1 \dots z_k [z_1, \dots, z_k / y_{j_1}, \dots, y_{j_k}] F2, f) \end{aligned}$$

или в сокращенной форме:

$$\begin{aligned} & Val^t(\Lambda \dot{x}_{n-k} z_k \dot{y}_{m-k} [z_k / x_{i_k}] F1 \& [z_k / y_{j_k}] F2, f) = \\ & = Val^t(\Lambda \dot{x}_{n-k} z_k [z_k / x_{i_k}] F1, f) \cap Val^t(\Lambda \dot{y}_{m-k} z_k [z_k / y_{j_k}] F2, f). \end{aligned}$$

$\dot{x}_{n-k} z_k$  означает такой список переменных, что

$$x_1, \dots, x_{i_{k-1}}, z_1, \dots, x_{i_k-1}, z_k, \dots, x_n.$$

5.2. Дизъюнкция фреймов  $F1$  и  $F2$ . На любом пути исследования из спектра  $G(t)$  обязательно встретится момент  $t'$ , когда установится истинность фрейма  $F1$  или фрейма  $F2$ :

$$Val^t(\Lambda \dot{x}_{n-k} z_k \dot{y}_{m-k} [z_k / x_{i_k}] F1 \vee [z_k / y_{j_k}] F2, f) =$$

$$= \text{Val}_{t_T, t'}^{G(t)} (\wedge \dot{X}_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) \cup \\ \cup \text{Val}_{t_T, t'}^{G(t)} (\wedge \dot{Y}_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] F2, f).$$

5.3. Импликация фреймов  $F1$  и  $F2$ . Специально позаботимся о соблюдении принципа сохранности. Фрейм  $F1 \supset F2$  считается истинным в момент  $t$ , если для всякого последующего момента  $t'$  из истинности фрейма  $F1$  с необходимостью следует истинность фрейма  $F2$ :

$$\text{Val}^t (\wedge \dot{X}_{n-k} Z_k \dot{Y}_{m-k} [Z_k / X_{i_k}] F1 \supset [Z_k / Y_{j_k}] F2, f) = \\ = \text{Val}_{t' \leq t}^{G(t)} (\wedge \dot{X}_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) \supset \\ \supset \text{Val}_{t' \leq t}^{G(t)} (\wedge \dot{Y}_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] F2, f)$$

5.4.

$$\text{Val}^t (\perp, f) = \text{Val}_{t' \leq t}^{G(t') = \emptyset} (\dots, f)$$

5.5.

$$\text{Val}^t (\wedge X_1 \dots X_n \neg F, f) = \text{Val}_{t' \leq t}^{G(t') = \emptyset} (\wedge X_1 \dots X_n F, f)$$

5.6.

$$\text{Val}^t (\forall Z_k \wedge \dot{X}_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] F1, f) = \\ = \text{Val}_{t' \leq t}^{G(t')} (\wedge \dot{X}_{n-k} Z_k [Z_k / X_{i_k}] [A_k / Z_k] F1, f),$$

где  $A_k$  - предметный объект, для которого выполняется условие,

$$\forall A_k \in T_{t'} (t_{i_1}, \dots, t_{i_k})$$

5.7.

$$\text{Val}^t (\exists Z_k \wedge \dot{Y}_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] F2, f) = \\ = \text{Val}_{t_T, t'}^{G(t')} (\wedge \dot{Y}_{m-k} Z_k [Z_k / Y_{j_k}] [A_k / Z_k] F2, f),$$

где  $A_k$  - предметный объект, для которого выполняется условие:  $\exists A_k \in T_k (T_{i_1}, \dots, T_{i_k})$ .

Действительно, в будущем исследователь обязательно обнаружит объект, который имеется во фрейме  $F2$ :

$\Lambda \dots F2(\dots, A_k, \dots)$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. Вольфенгаген В.Э., Кузин Л.Т., Саркисян В.Н. Реляционные методы проектирования банков данных. Киев: Вища школа, 1979. 192 с.

2. Вольфенгаген В.Э., Воскресенская О.В., Васильев В.И., Иванченко Б.В. Об одной организации банка данных с использованием фреймов. - В сб.: Вопросы кибернетики, вып. 55. М., 1979, с. 70-92.

3. Кузичев А.С. О выразительных возможностях дедуктивных систем  $\Lambda$  - конверсии и комбинаторной логики. - Вестник/Московский гос. ун-т, матем., механ., 6. 1974, с. 19-26.

4. Драгалин А.Г. Алгебраические модели интуиционистских теорий. - В сб.: Логический вывод. М.: Наука, 1979, с. 206-245.

5. Вольфенгаген В.Э., Иванченко Б.В. О представлении значения фраз естественного языка. - В сб.: Логический анализ естественных языков/Мат-лы советско-финского colloquiuma. М., ин-т философии АН СССР, 1979, с. 19-24.

APPLICATIVE COMPUTING SYSTEMS AND FRAME KNOWLEDGE  
REPRESENTATION IN THE MEDIA OF INTELLIGENT DATA BANK

V. Wolfengagen

S u m m a r y

In the article are represented: frame calculus, frame K-algebra, frame BK-algebra with the aim of precise formalization of the cognitive process. The relationship of  $\lambda$ -calculus and frame theory of artificial intelligence is done explicit.

The logical connectives  $\&$ ,  $\vee$ ,  $\neg$ ,  $\supset$ , quantifiers, abstraction, and application are defined constructively. The process of reducing frames to the relations of data bank is shown in couple with question-answering examples.

Possible connections with implicit modalities are outlined.

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ РИСКОВАННЫХ ПОСТУПКОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭВМ

М.А. Котик, А.М. Емельянов

### 1. Постановка проблемы

В толковых словарях русского языка понятие "риск" определяется как "возможная опасность чего-либо" или как "действие неудачу в надежде на счастливый исход". Как первое, так и второе определение представляются нам неполными. Если определять риск только по наличию опасности, то к рискованным поступкам придется отнести случаи самоубийства, членовредительства, поскольку они осуществляются в условиях опасности. Однако подобные поступки едва ли являются рискованными. Определение риска как "действия неудачу в надежде на счастливый исход" отражает, с нашей точки зрения, также лишь одно из необходимых условий. Под указанное определение подпадают и такие случаи, когда человек "сидит у моря и ждет погоды", или когда кто-то, не прилагая особых условий, хочет найти клад, т.е. поступки, которые никак нельзя назвать рискованными. Из второго определения можно заключить, что в рискованном поступке возможен исход, который не является счастливым, т.е. здесь имеется опасность худшего исхода. Однако, если при таком неудачном исходе не может возникнуть ситуация хуже той, которая была бы при несовершении действия, то и в таком случае подобное действие не назовешь опасным, а следовательно, и рискованным.

Таким образом можно заключить, что каждое из существующих определений риска отражает лишь одно из необходимых его условий. Поэтому мы предлагаем дефинировать понятие риска как действия неудачу в надежде на счастливый исход, когда при несчастливом исходе существует опасность оказаться в худшем (нежелательном) положении, чем в случае несовершения этого действия. При таком определении, как нам представляется

ся, будут учтены уже оба необходимых условия проявления риска. Однако и такое определение понятия "риска" нельзя считать исчерпывающим. Это заключение следует хотя бы из такого примера. Несчастливый исход может трактоваться и как событие недостижения цели, и как событие подвергнуться опасности, а может быть как одновременное проявление обоих этих событий. И уже с этой точки зрения нужны дополнительные уточнения. Кроме того, существуют различные формы проявления риска, отличающиеся соответствующими особенностями, которые при анализе этого понятия следовало бы тоже как-то учесть.

Остановимся на некоторых особенностях рискованного поведения. В человеческой деятельности риск может проявляться по-разному /М.А. Котик, 1981/. Он может быть условием деятельности, когда, например, работа выполняется в опасной зоне. Риск может явиться и целью деятельности (человек рискует, чтобы показать, что он не трус). Риск может быть и мотивом - способом убедиться в своих возможностях. Порой о риске говорят как о какой-то присущей людям потребности - стремлении к опасности /Н.Д. Левитов, 1964/. Иногда рискованное поведение расценивают как проявление присущей людям агрессивности /В. Холичер, 1975/. З.Фрейд высказал мысль о том, что в риске проявляется свойственный людям "инстинкт смерти" /цит. по Холичеру, 1975/.

В западной литературе можно выделить два общих подхода к использованию понятия риска. Первый подход - более распространенный в европейских исследованиях - акцентирует внимание на физической опасности. Второй - чаще используемый в американских исследованиях - изучает риск в связи с трудностями альтернативного выбора при различных категориях опасности (неудачи в коммерции, социального наказания и пр.).

В отечественных исследованиях риска, проведенных В.А. Петровским (1975, 1977), были выделены две категории риска - мотивированный риск, осуществляемый с целью получения какой-то выгоды и таким образом лучшей адаптации к сложившейся ситуации, и бескорыстный риск, имеющий целью уже не приспособление к опасности, а доказательство того, что человек способен противостоять опасности и она для него не существует.

В 60-х годах нынешнего столетия на Западе стало распространяться понятие "готовность к риску" (Risikobereitschaft), характеризующее склонность субъекта к несчастным случаям. Изучением этого качества занимались австрийские и немецкие ученые Б. Миттенкер (1954, цит. по Гейм, 1971), Т. Элерс

(1964), Х. Гейм (1971) и др. Т.е. в этих работах риск рассматривался уже как некоторое индивидуальное качество человека.

Приведенный далеко не полный обзор исследований, рассматривающих риск с различных точек зрения, показывает, сколь разнообразны способы проявления рискованных поступков. Все это свидетельствует о том, что необходимо не только строгое определение общего понятия риска, но требуется также четкое разграничение различных категорий рискованных поступков, т.е. выделение конкретных признаков, по которым одна категория рискованных поступков отличается от других.

## 2. Описание и анализ рискованных поступков

Для формального описания рискованных поступков была использована идея М. Минского (1974) - отображения событий посредством фреймов и приспособленная для таких описаний специальная модальная логика  $MS'$  (А.М. Емельянов 1980, а; 1980, б). Фреймовое описание поступка включает в себя компоненты, представляющие структуру личности действующего субъекта и компоненты, отображающие окружающий его внешний мир. (Идея представления поступков посредством таких фреймовых описаний была впервые высказана Д.А. Пospelовым, 1980).

Структура личности условно рассматривается как состоящая из трех компонентов: "Я физического" ( $I_{ph}$ ) - физиологической основы личности; "Я духовного" ( $I_{sp}$ ) - знаний, опыта личности, ее моральных качеств, устремлений и пр.; "Я социального" ( $I_{sc}$ ) - роли личности в обществе, отношения ее к своей роли, взаимоотношений с окружающими людьми и т.п.

Структура внешнего мира включает в себя четыре компонента: "Объект непосредственного воздействия" ( $E$ ) - тот объект (предмет, человек и пр.), на которые непосредственно направлен поступок; "Материальная среда" ( $M$ ), в которой совершается поступок; "Микросоциальная среда" ( $U$ ), в которой непосредственно действует субъект поступка; "Макросоциальная среда" ( $S$ ) - общее социальное окружение, влияющее на поступок (сюда относятся большие группы людей с их законами, нормами поведения, моралью и пр.).

Особенность каждого поступка выражается во фрейме посредством связей, устанавливающихся между его компонентами. Указываются связи, существующие как в случае совершения поступка  $A$ , так и в случае несовершения поступка ( $\bar{A}$ ). Связи указываются в виде как положительных, так и отрицательных

воздействий, взвешенных словесными оценками интенсивности (от "нулевой", "слабой" ... до "предельно сильной") и оценками возможности данной интенсивности (от "никогда", "исключительно редко", ... до "всегда"). Кроме того, используется целый ряд логических оценок связей между компонентами фрейма: совершает - бездействует; может - не может; обязан - не обязан, полагает - сомневается - не полагает; желает - безразличен - не желает и т.д. Подобные оценки выражаются в виде модальных операторов логики  $M\mathcal{S}'$ .

Таким образом, дается фреймовое описание объективно существующего положения вещей на момент совершения поступка, которое условно называется объективным фреймом поступка. Наряду с этим описанием, аналогичными методами (путем выбора связей между компонентами фрейма) строится фреймовое описание поступка, отражающее теперь, как данный поступок преломляется в сознании действующего субъекта. Такое описание условно названо субъективным фреймом поступка. Кроме того дается еще третье фреймовое описание того же поступка, изображающее объективное положение вещей, которое складывается в результате его совершения. Данное описание названо результирующим фреймом поступка.

Итак, по одному и тому же принципу, посредством одного и того же аппарата строятся три фрейма рассматриваемого поступка, дающие совместно его общее описание.

Выделен целый ряд теорем, позволяющих оценивать полученные таким образом описания поступков на их полноту и непротиворечивость.

### 3. Признаки, определяющие рискованный поступок

При описании поступка будут использоваться следующие символы и обозначения:

$P(x, Y_1, Q)$  - означает, что подструктура  $x \in \{E, K, U, S, I\}$  воздействует с определенным знаком  $Q \in \{+, -\}$  на подструктуру  $Y_1 \in \{I_{ph}, I_{sp}, I_{sc}\}$ .

Аналогично задается  $P(x, Y_2, Q)$  где  $Y_2 \in \{E, K, U, I_{ph}, I_{sp}, I_{sc}\}$ .

Рассмотрим ряд условий, на основе которых далее будет дано определение рискованного поступка.

1. Имеется выбор между совершением данного поступка  $A$  и его несовершением, - т.е. совершением поступка  $\bar{A}$ .

2. В случае совершения поступка  $A$  существует опасность для субъекта, рассматриваемая как ожидаемое воздействие

$P(x, Y_1, -)$  с ненулевой (т.е. отличной от "никогда") возможностью  $L^{(1)}$  и с ненулевой интенсивностью  $R^{(1)}$ .

3. В случае совершения  $\bar{A}$  существует опасность для субъекта, рассматриваемая как ожидаемое воздействие  $P(x, Y_1, -)$  с возможностью  $L^{(2)}$  и с ненулевой интенсивностью  $R^{(1)}$ .

4. Возможность наступления опасности в случае совершения  $A$  больше, чем в случае совершения  $\bar{A}$ , т.е.  $L^{(1)} > L^{(2)}$ .

5<sup>+</sup>. В случае совершения  $A$  ожидается воздействие  $P(x, Y_2, +)$  с ненулевой возможностью  $L^{(3)}$  и с ненулевой интенсивностью  $R^{(2)}$ .

6<sup>+</sup>. В случае совершения  $\bar{A}$  ожидается воздействие  $P(x, Y_2, +)$  с возможностью  $L^{(4)}$  и с ненулевой интенсивностью  $R^{(2)}$ .

7<sup>+</sup>. Возможность наступления воздействия  $P(x, Y_2, +)$  в случае совершения  $A$  больше, чем в случае совершения  $\bar{A}$  т.е.  $L^{(3)} > L^{(4)}$ .

5<sup>-</sup>. В случае совершения  $A$  ожидается воздействие  $P(x, Y_2, -)$  с возможностью  $L^{(5)}$  и с ненулевой интенсивностью  $R^{(3)}$ .

6<sup>-</sup>. В случае совершения  $\bar{A}$  ожидается воздействия  $P(x, Y_2, -)$  с ненулевой возможностью  $L^{(6)}$  и с ненулевой интенсивностью  $R^{(3)}$ .

7<sup>-</sup>. Возможность наступления воздействия  $P(x, Y_2, -)$  в случае совершения  $A$  меньше, чем в случае совершения  $\bar{A}$ , т.е.  $L^{(5)} < L^{(6)}$ .

8. Субъект предвидит ситуацию, описанную в 4.

9<sup>+</sup>. Субъект предвидит ситуацию, описанную в 7<sup>+</sup>.

9<sup>-</sup>. Субъект предвидит ситуацию, описанную в 7<sup>-</sup>.

10. Субъект желает избежать наступления воздействия

$P(x, Y_1, -)$  с интенсивностью  $R^{(1)}$ .

II<sup>+</sup>. Субъект желает наступления воздействия  $P(x, Y_2, -)$  с интенсивностью  $R^{(2)}$ .

II<sup>-</sup>. Субъект желает избежать наступления воздействия  $P(x, Y_2, -)$  с интенсивностью  $R^{(3)}$ .

Указанные условия можно разбить на четыре группы. В первую группу входит лишь условие I. Оно присуще всякому поступку, в том числе и рискованному. Вторая группа включает условия 2, 3, 4, 8, 10, которые описывают факт наличия опасности с оценками предвидения и желания субъекта. Третья (четвертая) группа состоит из условий 5<sup>+</sup>, 6<sup>+</sup>, 7<sup>+</sup>, 9<sup>+</sup>, II<sup>+</sup> (5<sup>-</sup>, 6<sup>-</sup>, 7<sup>-</sup>, 9<sup>-</sup>, II<sup>-</sup>) и описывает положительное (отрицательное) воздействие вместе с оценками предвидения и желания субъекта. Из сказанного выше можно заключить следующее: чтобы поступок  $A$  явился рискованным, необходимо и достаточно выпол-

нений условий двух первых групп и выполнения условия третьей или четвертой группы. Последние две группы условий формально учитывают те факторы, которые были названы в приведенном выше определении рискованного поступка. Они свидетельствуют о том, что рискованный поступок может быть ориентирован или на достижение положительного результата или на избежание более отрицательного, независимо от категории существующей опасности.

В дальнейшем изложении будет показано, что предложенный формальный аппарат открывает возможности для еще более тонкого дифференцирования рискованных поступков.

#### 4. Виды рискованных поступков и их классификация

Исходя из приведенного выше определения рискованного поступка и его фреймового описания открываются три основных способа дифференцирования подобных поступков. Стдельно остановимся на каждом из них.

1. Уточнение определения осуществляется тремя путями.

а) Уточнение взаимодействующих в поступке подструктур. Оно производится посредством персонификации подструктур личности и внешнего мира, их дробления и объединения. Подобным образом выводятся такие категории поступков, как, например, рискованных для здоровья (жизни) субъекта, рискованных поступков с опасностью, исходящей от другого субъекта или предмета и пр.

б) Уточнение связей между подструктурами. Осуществляется с помощью выделения между подструктурами воздействий определенного знака и направления. Таким образом можно выделить, например, категорию вынужденных рискованных поступков (для этого необходимо соблюдение условий  $5^-, 6^-, 7^-, 9^-, II^-$ ), категории мотивированных и немотивированных поступков (условий  $3^+, 6^+, 7^+, 9^+, II^+$ ), причем для немотивированного, бескорыстного риска, в отличие от мотивированного, воздействие  $P(x, Y_2, +)$  принимается при условии:  $X = I, Y_2 \in \{I_{ph}, I_{sp}, I_{sc}\}$  и т.д.

в) Уточнение модальных оценок. Состоит в установлении оценок интенсивности, возможности, желания и предвидения, которые используются в определении рискованного поступка. В результате такого уточнения строятся определения поступка с большим (малым) риском, поступка с возможным (неизбежным) риском и риском неявным или явным и т.д.

2. Введение ограничений. Осуществляется посредством расширения определения рискованного поступка за счет новых ус-

ловий. Вид этих условий вытекает из возможностей предложенного формального аппарата, позволяющего вводить в рассмотрение лишь такие новые воздействия между подструктурами поступка, которые можно представить в рассматриваемых фреймах. Таким способом возможно получить определения бескорыстного рискованного поступка (вводятся условия, указывающие на отсутствие у субъекта стремления к получению вознаграждения за риск), вдвойне рискованного поступка (условия, описавшие наличие еще одного вида риска) и т.д.

Кроме того, как это нетрудно заметить, в определении рискованного поступка присутствуют лишь условия, отвечающие внешнему и внутреннему фреймам поступка. Поэтому, если добавить к ним условия, вытекающие из результирующего фрейма, то могут быть получены новые разновидности рискованных поступков, такие, как например, рискованный с последствиями определенной тяжести, поступок с оправдавшим (не оправдавшим) себя риском.

3. Модификация определения. С помощью модификации (изменения) исходного определения можно описать поступки, которые выходят из категории рискованных. Однако, чтобы сохранить общепринятую терминологию, подобные "квазирискованные" поступки можно рассматривать как разновидность рискованных. Так, исключение из определения рискованного поступка условий с 2 по 7<sup>ю</sup> дает возможность получить определение только "субъективно рискованного" поступка, а на деле не рискованного. Аналогично, путем исключения других условий можно дать определение поступка с неадекватной оценкой степени риска.

Следует иметь в виду, что некоторые виды рискованных поступков получаются в результате одновременного применения ряда указанных выше способов преобразования. К примеру, рискованный поступок, проявляющийся в самонадеянном отношении субъекта к возможности опасности, описывается путем использования третьего способа (изменения условий 8, поскольку при самонадеянности субъект не предвидит возможной конкретной опасности), а также второго (добавления нового условия, указывающего на то, что при самонадеянности субъект допускает, что должен предвидеть такую возможность).

Таким образом, по наличию определенных логических условий и связей между подструктурами фреймовых описаний, по характеру этих связей представляется возможность классификации рискованных поступков по соответствующим категориям. Для автоматизации процедур такой классификации рискованных поступ-

ков может быть использован специально разработанный для ЭВМ ЕС-1040 комплекс программ на языке PL / 1 (А.М. Емельянов, 1980, а). В таком случае по каждому анализируемому поступку, по специальной методике осуществляется сбор необходимых данных для построения соответствующих фреймов. Подобные закодированные описания вводятся далее в ЭВМ и машина в течение трех минут выводит соответствующие заключения об особенностях рассматриваемого поступка (наличии в нем признаков риска, о том каковы эти признаки).

### 5. Пример описания и анализа рискованного поступка

Проиллюстрируем возможности предложенного формального аппарата на примере анализа структуры конкретного рискованного поступка. Для того, чтобы не загромождать дальнейшее описание различными символами и формулами, дополнительно введем лишь самые необходимые обозначения: для воздействий между подструктурами поступка -  $\longrightarrow$  (положительное),  $\dashrightarrow$  (отрицательное); для оценок интенсивности воздействия -  $R_2$  (средняя),  $R_3$  (сильная),  $R_4$  (предельно сильная). Для оценок возможностей воздействия -  $L_0$  (никогда),  $L_3$  (редко),  $L_4$  (не редко - не часто),  $L_5$  (часто),  $L_6$  (очень часто),  $L_7$  (исключительно часто),  $L_8$  (всегда).

Рассмотрим конкретный поступок  $A_1$ , который состоял в том, что юноша спас жизнь ребенку, вынеся его из горящего дома. В соответствии с принятыми обозначениями:  $I$  юноша ( $I_{ph}$ ,  $I_{sp}$ ,  $I_{sc}$ ,  $-$ ) - соответственно его здоровье, душевное состояние, общественное положение),  $E$  - жизнь ребенка,  $M$  - огонь,  $U$  - товарищи юноши,  $S$  - общество.

Поступок юноши проявился в действиях, которые находят отражение в описании его фрейма, где указывается, что "субъект совершает действие". Общее описание поступка включает описание объективного, субъективного и результирующего фреймов. На рис. 1 представлен фрагмент графического представления объективного фрейма поступка. В его левой части изображены три подструктуры действующей личности, в правой - четыре подструктуры внешнего мира. Между этими двумя группами подструктур, а также между подструктурами внешнего мира существуют различные связи и типы воздействий, обозначенные соответствующими стрелками. Для построения объективного фрейма поступка нужно располагать достаточно полной информацией об этом поступке на момент его совершения. Среди этой информации должны быть данные о возможности и интенсивности

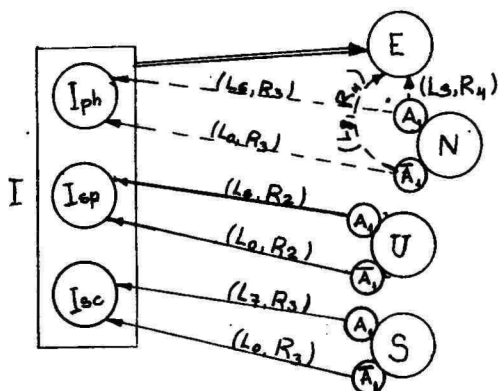


Рис. 1.

различных воздействий (связей) между подструктурами фрейма, оценки возможности и обязанности субъекта предвидеть эти воздействия. Для построения субъективного фрейма требуется знать как сложившаяся ситуация и указанные выше данные отражаются в сознании субъекта. В дальнейшем, чтобы проиллюстрировать сущность рассматриваемого подхода и избежать излишней детализации, будем упоминать лишь те связи во фреймах, которые особенно существенны для анализа рассматриваемого поступка.

Остановимся более подробно на связях, представленных на рис. 1. Двойная стрелка указывает объект, на который направлен поступок  $A_1$ . Одинарные стрелки изображают ответные реакции на совершение поступка  $A_1$  (стрелка идет от символа  $A_1$ ) и его несовершение (стрелка - от символа  $\bar{A}_1$ ) с оценками возможности и интенсивности этих реакций. Если бы вноша не совершал поступка  $A_1$ , то ребенок (E) наверняка ( $L_6$ ) подвергся бы смертельному ( $R_4$ ) воздействию огня (N) - см. воздействие P (N, E, -) с весом ( $L_6, R_4$ ). При совершении же поступка это воздействие рассматривается уже как редкое ( $L_3$ ) - см. воздействие P (N, E, -) с весом ( $L_3, R_4$ ). В то же время, в случае совершения поступка  $A_1$  ожидается, что вноша очень часто ( $L_5$ ) получит сильные ( $R_3$ ) ожоги; в случае же несовершения поступка ( $\bar{A}_1$ ) такая опасность полностью ( $L_0$ ) исключается - см. воздействие P (N,  $I_{ph}$ , -) с весами ( $L_6, R_3$ ) и ( $L_0, R_3$ ).

Кроме того, ожидается, что совершение поступка очень часто ( $L_6$ ) вызывает достаточно заметное (среднее) ( $R_2$ ) одобрение товарищей и исключительно часто ( $L_7$ ) сильное ( $R_3$ ) поощрение со стороны общества (воздействия  $P(U, I_{sp}, +)$  и  $P(S, I_{sc}, +)$  соответственно с весами ( $L_6, R_2$ ) и ( $L_7, R_3$ ). Несовершение же поступка исключило бы ( $L_0$ ) как одобрение товарищей, так и сильное общественное поощрение (воздействия  $P(U, I_{sp}, +)$  и  $P(S, I_{sc}, +)$  соответственно с весами ( $L_0, R_2$ ) и ( $L_0, R_3$ ).

На рис. 2 представлен фрагмент графического представления субъективного фрейма поступка. Он описывает те же воздействия между подструктурами, что и в объективном фрейме, но с иными (субъективными) весами воздействия. Кроме того, субъективный фрейм включает следующие оценки:

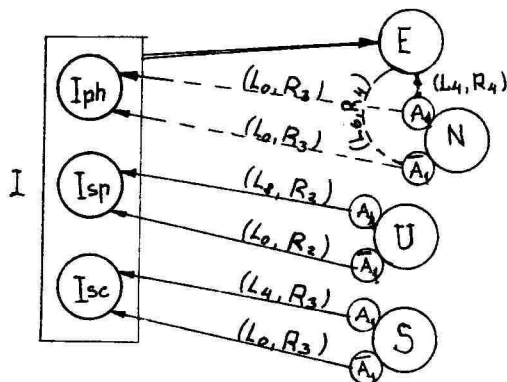


Рис. 2

- субъект допускает, что должен предвидеть возможность наступления воздействия  $P(N, I_{ph}, -)$  интенсивностью  $R_3$ ,
- субъект желает избежать наступления воздействия  $P(N, I_{ph}, -)$  с интенсивностью  $R_3$ ,
- субъект желает избежать наступления воздействия  $P(N, E, -)$  с интенсивностью  $R_4$ ,
- субъект желает наступления воздействия  $P(U, I_{sp}, +)$  с интенсивностью  $R_2$ ,
- субъект безразличен к наступлению воздействия  $P(S, I_{sc}, +)$  с интенсивностью  $R_3$ .

На рис. 3 изображен фрагмент графического представления результирующего фрейма поступка, в котором указаны лишь воз-

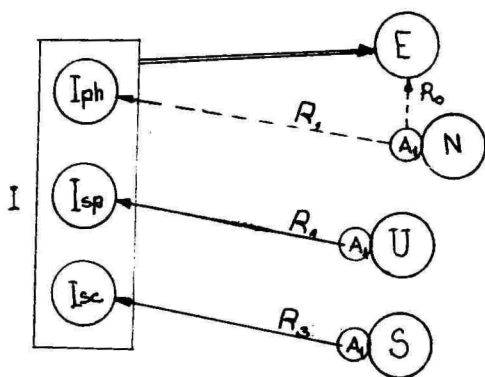


Рис. 3

действия, наступившие в результате совершения поступка. Из этого фрейма видно, что в результате совершения поступка удалось спасти ребенка (при этом он совершенно ( $R_0$ ) не пострадал). Юноша же отделался слабыми ( $R_1$ ) ожогами. Товарищи одобрили (хотя и слабо ( $R_1$ )) такой поступок. Общество сильно ( $R_3$ ) поощрило юношу.

Построенный фрейм поступка позволяет осуществлять детальный анализ его структуры. Нам же в данном рассмотрении будет интересовать только анализ поступка на предмет наличия в нем определенных категорий риска. Дадим в общих чертах описание результатов такого анализа.

Поступок юноши является очень рискованным для его здоровья, мотивированным (прямой смысл, чтобы спасти ребенка и утвердиться в глазах товарищей), социально вынужденным (в случае несовершения поступка ребенок погиб бы). Риск юноши был очевиден (в случае несовершения поступка никакой опасности для юноши не существовало). Поступок был высоконравственным (сильно социально поощряем), причем бескорыстным (юноша безразлично относится к получению таких поощрений). Риск оказался оправданным (ребенок был спасен, хотя и с легкими отрицательными последствиями для юноши). Поступок является объективно рискованным. Субъективного же риска в нем в данном случае не было (юноша не предвидел сильной опасности для своего здоровья). Вместе с тем, юноша допускал, что должен предвидеть такую опасность. Следовательно, он переоценил

свои возможности, а поэтому самонадеянно отнесся к ожидаемой опасности. Названные, а также другие несоответствия в описаниях объективного и субъективного фреймов поступка позволяют заключить, что юноша неадекватно оценивал ситуацию риска.

Подобный анализ может быть проведен и строго математически посредством ЭВМ (А.М. Емельянов, 1980, а). Для этого фрейм поступка  $A_1$ , а также классификаторы видов риска должны быть описаны как правильно построенные формулы (п.п.ф.) логики  $MS'$ . При этом классификация, т.е. отнесение поступка к тому или иному виду риска, осуществляется посредством решения задачи о выводимости в логике  $MS'$  формул, имеющих вид "п.п.ф. фрейма поступка  $\rightarrow$  п.п.ф. классификатора вида риска" (символ " $\rightarrow$ " означает логическое следование). Для такого вида формул существует разрешающая процедура, позволяющая эффективно решать вопрос относительно их выводимости.

#### Л и т е р а т у р а

1. Емельянов А.М. Метод анализа управляющей деятельности человека в организационных системах посредством фреймов и специальной модальной логики. Автореф. канд. дисс. М.: АН СССР, 1980.
2. Емельянов А.М. Использование фреймов для анализа структуры поступков. /Сообщ. 2 и 3. - В кн.: Проблемы бионики, вып. 25. Харьков, 1980, с. 43-50, 51-58.
3. Котик М.А. Психология и безопасность. Таллин: Валгус, 1981.
4. Левитов Н.Д. О психологических состояниях человека. М.: Просвещение, 1964.
5. Петровский В.А. К психологии активности. - Вопросы психологии, 1975, № 3, с. 26-38.
6. Петровский В.А. Активность субъекта в условиях риска. Автореф. канд. дисс. М.: МГУ, 1977.
7. Поспелов Д.А., Шустер В.А. Нормативное поведение интеллектуальных систем. - В кн.: Логико-семантические вопросы искусственного интеллекта. /Труды по искусственному интеллекту. Вып. III. Тарту, 1980, с.92-103.
8. Холичер В. Человек и агрессия. М.: Прогресс, 1975.
9. Ehlers, T. Experimentelle Untersuchungen zur Persönlichkeitsbedingte. Unfallgefährdung. Dissertation. Bremen, 1964.

10. Heim, H. Individuelle Risikobereitschaft und Unfallneigung. Bundesinstitut für Arbeitsschutz, 54, Koblenz, 1971.
11. Minsky, M. A framework for representing knowledge. M.T.T. AT TR-306, 1974.

AN ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF RISKY ACTIONS  
AND THEIR CLASSIFICATION BY MEANS OF COMPUTER

M. Kotik, A. Emeljanow

S u m m a r y

The critical analysis of the existing definitions of "risk" is made. The more precise definition of the "risk" concept is offered. The article presents a review of the psychological studies of risky actions and defines their various types. The method of formal representation of different risky action types by means of frames is presented. This method allows to graphically represent the structural peculiarities of the risky actions and to describe them by using formal methods of mathematical logic.

The principle of the risky actions' classification already utilized by means of computer, is described.

## О РАСПОЗНАВАНИИ ГИПЕРСОБЫТИЙ В СИСТЕМЕ ПОНИМАНИЯ СВЯЗНОГО ТЕКСТА

С.Р. Литвак, Т.А. Роосмаа, М.Э. Салувеэр, А.Я. Ыйм

### Введение

В настоящей статье продолжается описание системы TARIUS, понимающей ограниченный естественный язык. Компоненты лингвистического анализа рассматривались в работах /1, 2/. Здесь же будут рассмотрены способы представления знаний и их использование для понимания связного текста в данной системе.

Прежде всего вкратце рассмотрим цели, поставленные при разработке системы TARIUS, которая является системой понимания связного текста. Поступающие на ее вход тексты описывают связанные между собой события и ситуации, которые представляют собой описания некоторых более общих событий или ситуаций. Анализируя отдельные предложения, связывая описываемые в них события и используя соответствующие знания, система должна распознать эти комплексные события или ситуации. Это главная задача системы. Кроме того, система должна быть в состоянии ответить на вопросы, касающиеся описываемых в тексте событий и их участников, т.е. функционировать в режиме вопросно-ответной системы. Система задумана как опытная база для проверки исследований авторов по изучению и моделированию подходящими средствами процесса понимания связного текста /3/.

Создание систем понимания текста с определенной внутренней структурой стало одной из актуальных задач в построении систем понимания естественного языка /4, 5, 6/. Следует, однако, отметить, что в советской литературе эта тематика представлена сравнительно бедно /7/.

Разрабатываемая система имеет некоторые отличия от указанных выше разработок, которые, в основном, заключаются в следующем:

Система должна не просто связывать содержащиеся в отдельных предложениях данные в целостную ситуацию, но и рас-

познавать события более высокого уровня (гиперсобытия), которые прямо в тексте не упоминаются, но описание которых скрыто в нем. Например, распознавать, что описанную в тексте цепь событий (или часть ее) можно квалифицировать как кражу, грабеж и т.п.

В то же время мы не стремимся к выявлению глобальной структуры текста на том уровне, как это пытаются делать в большинстве разработанных к настоящему времени "системах, понимающих рассказы" (*story understanding systems*). Типичной для этих систем является попытка прямо перейти от уровня языковой структуры текста к общей сюжетной организации рассказа, сразу выявить характеры действующих лиц и связи между ними и т.д. Мы же видим нашу цель в распознавании (отдельных) гиперсобытий, которые охватывают более мелкие части текста и в большей степени детерминируются непосредственным содержанием текста.

### Модель мира

Модель мира системы TARLUS состоит из трех баз: базы знаний, базы глобальных процедур и базы целей. Понятие фрейма, используемое в системе, основывается на положениях, выдвинутых М. Минским /8/.

База целей системы содержит, во-первых, распознавание описанного в тексте цепочкой событий и ситуаций "гиперсобытия" ("гиперситуации") и, во-вторых, ответы на нетривиальные вопросы по информации, содержащейся во входном тексте. Цели представляют собой описания стратегий, используемых при управлении процедурами из базы глобальных процедур в процессе достижения поставленной цели.

База глобальных процедур представляет собой набор процедур, реализующих определенные цепочки умозаключений, необходимых для вычисления результатов. В эту базу входят только глобальные процедуры, т.е. процедуры, которые не являются связанными со специфическими фреймами либо с подфреймами.

Фреймы, имеющиеся в базе знаний, можно условно разбить на три группы:

- 1) терминальные,
- 2) понятийные,
- 3) гиперфреймы.

Структура фреймов всех трех групп практически одинакова и представляет собой список подфреймов, являющихся обобщением списка типа атрибут-значение, и процедур, связанных с

подфреймами и фреймом в целом.

Терминальные фреймы описывают конкретные понятия, находящиеся на нижнем уровне иерархии в базе знаний. Основное их отличие от фреймов других групп состоит в отсутствии у них ссылки INSTANCE (ПРИМЕР) на фреймы в базе знаний. Все остальные фреймы можно отнести к понятийным. Из группы понятийных фреймов, в соответствии с назначением системы, выделяются гиперфреймы. Их отличие является функциональным, т.к. распознавание гиперфреймов - главная задача системы. За счет выбора гиперфреймов может производиться подстройка системы в некоторой проблемной области. Поскольку разрабатываемый вариант системы ориентирован на понимание текстов, описывающих события и ситуации, связанные с совершением преступлений против собственности, то в качестве гиперфреймов выступают фреймы таких событий, как кража, грабеж, разбой и т.д.

Общая структура фреймов, используемых в системе, имеет следующий вид:

< имя фрейма > :

< роль > :

< аспект I > ( < список данных > )

.....

< аспект II > ( < список данных > )

< тип-процедуры I > ( < список процедур с аргументами > )

.....

< тип-процедуры k > ( < список процедур с аргументами > )

< роль 2 > :

.....

< роль I > :

.....

< вид-процедуры I > : ( < список процедур > )

.....

< вид процедуры n > : ( < список процедур > );

Приведем в качестве примера понятийного и терминального фреймов фреймы TRANSFER и ВЗЯТЬ, соответственно :

TRANSFER :

SUP : SOCACTION

AG : REQ ( PERSON, INSTIT )

OBJ : REQ ( PHOBJ )

GOAL : DEF ( VALUE ( PAC from POSSESS ) = REC;

```

VALUE ( OBJ from POSSESS ) = OBJ ;
VALUE ( TM from POSSESS ) TM);
... ;
VOTMA :
SUP : TRANSFER
AG : REQ ( LIVBEING )
INSTR : REQ ( THING )
DEF ( KĀSI )

...
GOAL : VALUE ( VALUE ( PAC from LOCATION ) =
OBJ ;
VALUE ( LOC from LOCATION ) =
AG ;
VALUE ( TM Ffrom LOCATION ) TM )

... ;

```

### Построение текущей модели

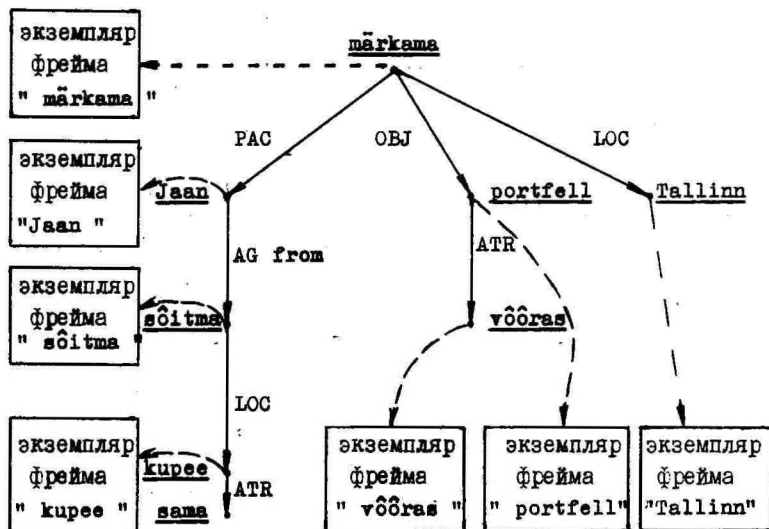
Построение модели входного текста, называемой в дальнейшем текущей моделью текста, базируется прежде всего на конструировании представлений действия и ситуаций описываемых отдельными предложениями, т.н. фреймов предложений. Под фреймом предложения, таким образом, понимается получаемая в результате семантического анализа предложения сеть фреймов.

За основу при образовании фрейма предложения принимается дерево зависимостей, являющееся результатом синтактико-семантического анализа /2/. Так как в этом дереве доминирующим является предикат предложения, то формирование соответствующего фрейма предложения начинается с активизации фрейма, соответствующего данному предикату, и образования его экземпляра. Заполнение слотов этого фрейма производится в соответствии с деревом зависимостей и приводит к активизации фреймов участников и объектов описываемой ситуации, образованию экземпляров соответствующих фреймов и заполнению их слотов.

Через последние данный фрейм предложения связывается с фреймами предшествовавших предложений и, таким образом, образование фрейма предложения ведет к формированию текущей модели текста.

Пусть, например, дано предложение:

Tallinnas märkas võõrast portfelli samas kurees sõitnud Jaan  
 (В Таллине чужой портфель заметил ехавший в том же купе Яан).  
 Соответствующее ему дерево зависимостей и схема происходящей на его основе активизации фреймов имеет следующий вид:



Активизированные экземпляры фреймов связаны между собой - заполняют соответствующие слоты друг друга - в соответствии с типом зависимости, указанной в дереве зависимостей. Например, экземпляр фрейма ЯАН заполняет слоты пациента (PAC) экземпляра фрейма ЗАМЕТИТЬ и агента (AG) экземпляра фрейма ЕХАТЬ (временное отношение между фреймами ЕЛАТЬ и ЗАМЕТИТЬ фиксируется на специальной временной оси). Далек не всегда тип зависимости в дереве зависимостей предложения совпадает с именем слота в соответствующем фрейме. Одним из наиболее часто встречающихся таких типов зависимостей является атрибут (ATR). Этот тип зависимости необходимо всегда заменять на содержательную зависимость, установление которой зависит от семантических категорий связываемых слов (фреймов). Для этого предусмотрены связанные с фреймом процедуры. Например, в случае структуры желтый ATR портфель, в которой зависимое слово обозначает цвет и доминирующее слово - физический объект, в фрейме предложения фрейм ЖЕЛТЫЙ заполнит слот ЦВЕТ фрейма ПОРТФЕЛЬ. Структура же чужой ATR порт-

фель будет представляться значительно сложнее. Интерпретация ее с помощью структуры фреймов требует введения определения понятия "чужой" (в виде соответствующего фрейма). В данном случае понятие чужой определяется через понятие принадлежать (POSSESS) чужой портфель в вышеприведенной структуре означает "портфель, который не принадлежит Яану", т.е. экземпляр фрейма ПОРТФЕЛЬ заполняет слот объекта (OBJ) экземпляра фрейма POSSESS, слот PAC которого заполнен не фреймом ЯАН.

В дополнение к формированию и пополнению экземпляров фреймов действий, объектов и участников при построении текущей модели производится связывание их специальными отношениями: временными, причинно-следственными и целевыми.

Таким образом, в анализ каждого нового предложения входит также установление связи его фрейма с построенной к данному моменту текущей моделью. Это означает, что при формировании фрейма предложения всегда проверяется:

1) не находится ли информация, содержащаяся в данном предложении, в противоречии с текущей моделью;

2) имеется ли возможность с помощью информации из текущей модели заполнить слоты фрейма предложения, значения для которых отсутствовали в данном предложении (такое заполнение производится, например, в случае местоимений, а также в случае таких выражений как поэтому, после чего и т.п. в начале предложения);

3) имеется ли возможность с помощью информации, содержащейся в фрейме предложения, заполнить какие-либо слоты фреймов в текущей модели.

### Распознавание гиперфреймов

Как уже было сказано выше, нашей главной целью является изучение механизмов и процедур, позволяющих распознавать в цепочке описываемых в тексте событий и ситуаций "гиперсобытие" ("гиперситуацию"). Другими словами, исходя из сформированного на основе текущей модели входного текста система должна построить определенный гиперфрейм, представляющий собой фрейм события более высокого уровня. В рамках рассматриваемой нами предметной области такими гиперсобытиями являются, например, кража, грабеж, разбой и т.п.

Необходимо подчеркнуть, что понятия "гиперсобытие" и "гиперфрейм" используются лишь в отношении конкретного текста и построенной по нему текущей модели. Тот же гиперфрейм может быть использован и при построении текущей модели, на-

пример, если соответствующие слова встречаются непосредственно в тексте. Важно, чтобы анализируемый текст не сводился к тривиальной реализации какого-либо гиперфрейма, а в дополнение к данным, необходимым для распознавания некоторого гиперфрейма, содержал бы несущественную, нейтральную информацию.

Приведем пример такого текста:

1. Jüri sõitis Tallinna rongiga Tartust Jõgevale.

(Юри ехал таллинским поездом из Тарту в Йнгева).

2. Jõgeval rongist väljudes unustas ta kopeesse oma port -  
felli rahaga.

(Выходя из поезда в Йнгева он забыл в купе свой портфель с деньгами).

3. Tallinnas märkas võõrast portfelli samas kopees sõitnud  
Jaan.

(В Таллине чужой портфель заметил ехавший в том же купе Яан).

4. Ta avas portfelli, võttis sellest raha ja jättis port -  
felli kopeesse.

(Он открыл портфель, взял из него деньги и оставил портфель в купе).

5. Raha võtmist keegi ei näinud.

(Взятие денег никто не видел).

6. Jaan läks linna ja ostis selle rahaga endale uue käe -  
kella.

(Яан пошел в город и на эти деньги купил себе новые наручные часы).

В этом тексте содержится описание по крайней мере одного из интересующих нас гиперсобытий: Яан совершил кражу. Постараемся описать, на чем основывается распознавание соответствующего гиперфрейма.

Прежде всего должны существовать соответствующие общие понятия и представительная база фреймов. Например, кражу можно определить как "овладение лицом А объектом В, принадлежащим лицу С, таким образом, что ни С, ни кто-либо другой этого не видит (не знает) с целью "присвоения". Завладение определяется начальной семантической категорией TRANSFER (= переход какого-либо объекта либо ценности от одного лица к другому при активном участии одного из них), как TRANSFER объекта В лицом А у лица С в свое распоряжение без согласия последнего".

Представление вышеприведенных понятий с помощью фреймов

может быть таким:

```
НОВИВАНИЕ :  
(ЗАВЛАДЕНИЕ) SUP : TRANSFER  
AG : REQ ( PERSON )  
SOURCE : REQ ( PERSON )  
DEF ( AG from SELF )  
OBJ : REQ ( PHOBJ )  
DEDUCE ( COND ( =, VALUE ( POSSESS from  
OBJ ), VALUE ( SOURCE )))  
....  
GOAL : DEF ( VALUE ( POSSESS from OBJ ) = REC )  
....  
CONSEQ: DEDUCE ( CHANGE ( VALUE ( POSSESS from  
OBJ ), REC ))  
.... ;
```

В дополнение к организованной вышеописанным образом базе фреймов, из которой выбирается подходящий гиперфрейм, необходим подходящий механизм, который направлял бы поиск такого гиперфрейма и реализовывал таким образом некоторую стратегию понимания текста (см. раздел "Модель мира").

Процедуры, реализующие такой механизм, можно разделить на две функциональные группы:

Процедуры, которые исходя из текста достаточно эффективно выделяют из базы фреймов подмножество, в котором находится подходящий гиперфрейм.

Процедуры, которые в случае, если какой-либо кандидат на место гиперфрейма оказался неподходящим, указывают следующих наиболее подходящих кандидатов.

Проиллюстрируем работу таких процедур на примере анализа вышеприведенного текста.

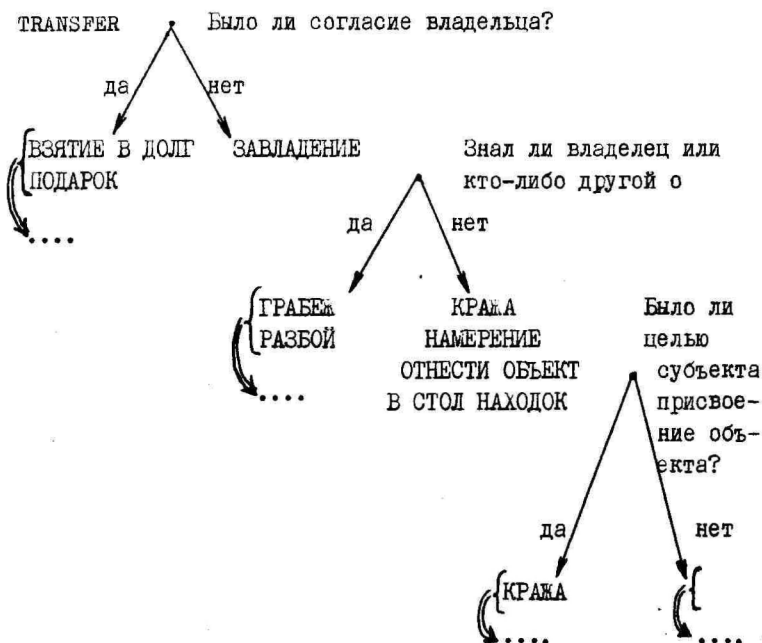
Определяющим в этом тексте является четвертое предложение: "Он открыл портфель, взял из него деньги и оставил портфель в купе".

Однако уже при анализе второго предложения активизируется процедура, которая отмечает, что если кто-либо где-либо забудет принадлежащую ему вещь, то одним из возможных следствий может оказаться попытка присвоить эту вещь другим лицом. Это отмечается как возможность и в дальнейшем тексте ожидается подтверждение либо опровержение такого предположения. Частичное подтверждение сделанного предположения содержит четвертое предложение, которое сообщает, что Яан взял из

портфеля деньги. Одним из возможных следствий действия взять является то, что объект меняет владельца, хотя бы временно. Этим фактом и запускается процедура, которая в данном случае должна установить, что подходящим гиперфреймом является фрейм кража.

Данная процедура основывается на стратегии постановки "внутрисистемных вопросов" и, в зависимости от ответов на них, выбора направления дальнейшего уточнения гиперфрейма. В частности, первым вопросом в случае смены у какого-либо объекта владельца является вопрос о том, произошла ли эта смена с согласия прежнего владельца или нет. В случае положительного ответа имеет место подарок либо взятие в долг. В данном случае отрицательный ответ очевиден. Таким образом, активизируется фрейм завладения, в котором указано, что TRANSFER произошел без согласия владельца. К такому типу TRANSFER относятся фреймы кражи, грабежа и т.п., однако возможен и случай, когда объект найден новым владельцем. Следующий вопрос касается того, знал ли кто-нибудь о переходе объекта или нет. В случае утвердительного ответа описываемые в тексте события можно квалифицировать как грабеж или разбой, а в случае отрицательного — как кражу, а также как намерение отнести объект в стол находок и т.п. Поэтому следующий вопрос касается намерений нового владельца относительно объекта, т.е. оставляет он его себе или нет? Ответ на этот вопрос содержится в последнем предложении рассматриваемого текста: Яан купил за эти деньги себе часы. Отсюда можно заключить, что он взял деньги с целью присвоения. Таким образом, с помощью этих вопросов система может выявить, что в тексте описано "тайное завладение чужими деньгами с целью присвоения", т.е. кража. Описанную выше последовательность вопросов можно представить в виде схемы ( см. с. 65 ).

Стратегия постановки внутрисистемных вопросов и соответственно наличие и порядок запуска процедур в значительной мере зависит от проблемной области, поэтому мы вынуждены были разработать такой механизм для весьма узкой проблемной области. Однако очевидно, что должны существовать более-менее универсальные механизмы распознавания гиперфреймов, используемые при понимании произвольных связных текстов и настраиваемые, при необходимости, на конкретную проблемную область. Проблема выявления таких механизмов при создании систем понимания текста не менее важна, чем проблема представления знаний с помощью "хороших" формализмов.



### Заключение

Относительно рассматриваемой системы и методов представления знаний, в ней используемых, отметим следующее.

Во-первых, процесс идентификации гиперфреймов в общем случае должен быть циклическим, запускаться при добавлении информации каждого нового предложения (или даже меньшей единицы текста) к текущей модели и происходить одновременно с формированием самой текущей модели. В этом процессе должна производиться параллельная проверка нескольких гипотез, причем на различных уровнях обобщения. Как показывают соответствующие психологические исследования, которых особенно много производилось в последнее время, **понимание** связного текста человеком происходит именно в процессе непрерывной генерации и проверки гипотез во время восприятия этого текста /9, 10, 11/. Разрабатываемая система TARLUS представляет собой лишь первый шаг в построении моделей понимания связного текста.

Во-вторых, при распознавании "криминальных" гиперсобытий

система учитывает лишь объективную сторону дела, совершенно оставляя в стороне субъективную сторону преступления - мотивы участников, их намерение и планы. Это сделано вовсе не потому, что мы считаем эту сторону действий несущественной, а потому, что это потребовало бы конструирования целостной модели поведения человека, включая моделирование мотивационных и планирующих механизмов. Одновременное решение таких сложных задач при создании первого варианта системы понимания текста практически невозможно.

### Л и т е р а т у р а

1. Литвак С.Р., Росмаа Т.А., Салувер М.Э., Ням Х.Я. Об автоматическом морфологическом анализе ограниченного естественного интеллекта. - Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып. 55I. Тарту, 1980, с. 82-87.
2. Литвак С.Р., Росмаа Т.А., Салувер М.Э., Ням Х.Я., Подсистема автоматического синтаксического анализа для экспериментальной ВОС. - Логико-семантические вопросы искусственного интеллекта. - Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып. 55I. Тарту, 1980, с. 87-92.
3. Ням Х.Я. Эпизоды в структуре дискурса. - Представление знаний и моделирование процесса понимания. ВЦ СО АН СССР, Новосибирск, 1980, с. 79-96.
4. Rieger, Ch. Five Aspects of a Full-Scale Story Comprehension Model.- Associative Networks. Ed. by N. Findler. New York, Academic Press, 1979.
5. Schank, R.C. Parsing Directly into Knowledge Structures. - Proceedings of the 6th IJCAI, Tokyo, 1979, Part 2.
6. DeJong, G. Predication and Substantiation: Two Processes that Comprise Understanding. - Proceedings of the 6th IJCAI, Tokyo, 1979, Part 1.
7. Гаазе-Рапопорт М.Т., Д.А.Поспелов, Е.Т.Семенова. Порождение структур волшебных сказок. - М., АН СССР, Научный Совет по комплексной проблеме "Кибернетика", 1980.
8. Minsky, M.A Framework for Representing Knowledge. - The Psychology of Computer Vision. Ed. by P.H. Winston. New York, McGraw-Hill Book Company, 1975.
9. Bransford, J.D., N.S. McCarrell. A Sketch of a Cognitive Approach to Comprehension.- Cognition and Symbolic Processes. Ed. by S. Palermo. New York, 1974.

10. Hayes-Roth, B., P.W. Thorndike. Integration of Knowledge from Text. - Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour, 1979, N 1.
11. Thorndike, P.W., F.R. Yekovich. A Critique of Schema-Based Theories of Human Story Memory. - Poetics, 1980, N 1.

#### RECOGNIZING HYPEREVENTS BY A TEXT UNDERSTANDING SYSTEM

S. Litvak, T. Roosmaa, M. Saluveer, H. Õim

#### S u m m a r y

The paper presents the general architecture and the mode of operation of several segments of TARLUS (TARTu Language Understanding System). The segments of morphological and syntactico-semantic analysis of the system have been described by the authors in /1, 2/. The present paper concentrates on the problems of knowledge representation, text parsing algorithms and the overall architecture of TARLUS world model.

TARLUS is being developed to simulate the process of text understanding. The input texts describe connected events and situations that serve as descriptions of a higher level (more general) events and situations (called hyperevents and hypersituations, respectively). The authors have set the system two goals:

i) By analysing the input text and linking the individual events/situations of the text sentences into an integral description the systems has to recognize a corresponding hyperevent/hypersituation;

ii) It should be able to answer questions about the input text, i. e. to carry out an intellectual dialog with its user.

TARLUS differs from other "story-understanding systems" at least in two respects:

i) it must not simply bind the data found in different sentences into an integral description (model of the input text) but also recognize the events of a next higher level

not presented in the text explicitly, i. e. recognize that a chain of events may be classified as a theft, robbery, blackmailing, etc.;

ii) it need not represent the global structure of the plot of a story in the sense of Rieger's GRINO-1 with all the peculiarities of its characters, their intensions, plans of action, etc. Our objective is a more modest one-recognition of hyperevents/hypersituations that are comprised by smaller text units (parts of a story) the strategies of processing which are determined to a high degree by the direct linguistic contents of the text itself.

TARLUS world model is made up of three bases: knowledge basis, global procedure basis and goal basis. The goal basis contains two general goals: recognition of hyperevents/hypersituations in the input text, and answering non-trivial questions on the basis of information excerpted from that text. These goals are, in fact, descriptions of strategies used for managing the procedures from global procedure basis in a process of achieving a certain goal. The global procedure basis contains procedures not connected with any specific terminal frame or a slot but procedures used for making inferences from conceptual and/or hyperframes. The knowledge basis consists of three types of frames: terminal, conceptual and hyperframes. Terminal frames are descriptions of concrete notions, conceptual frames represent descriptions of semantic categories of concepts. Hyperframes actually belong to conceptual frames the difference being functional as the ultimate task of the system is to reveal these hyperframes.

The construction of the model of the input text is based on the construction of every action and situation frame conveyed by the input text sentences (sentence frames). It is thus a network of frames arrived at after the semantic interpretation of sentences. As the input to the semantic interpretation serves a syntactico-semantic dependence tree put forward by the syntactic analyser. Activation of the frames and filling their slots proceeds top-down according to the input tree. This process serves also as a means of connecting the analyseable sentence frame with the antecedent sentence frames and thus ultimately leads to the formation of the current model of

the text. This current model contains as a part of it a set of different relationships (temporal, spatial, causal, etc.) which hold between different sentence frames.

The system must match the current model with a set of possible hyperevents/hypersituations in the knowledge basis, make predictions concerning the possible candidates for a suitable match and, accordingly, order and reorder the set with respect to the degree of the probability of an occurrence of a hyperevent/hypersituation. It must be borne in mind that the concepts hyperevent/hypersituation are used only with respect to the given text and the current model built on its basis. The same event/situation concept may be used simply for construing a current model of the text if, for example, a word denoting that event/situation is used in a text explicitly. What's important is the requirement that a text should not be reduceable to a trivial realization of a hyperevent/hypersituation but should contain, in addition to information necessary for revealing these hyperevents/hypersituations, additional neutral and often immaterial information.

The strategy of goal-oriented parsing and the order of procedures depend to a large degree upon the problem domain. That's why the authors had to elaborate such a mechanism for a quite limited problem domain. At the same time it is quite clear that there should exist more or less universal mechanisms of recognizing hyperevents/hypersituations used for processing any natural language text. And these mechanisms should be, when necessary, adaptable for the needs/requirements of a certain problem domain.

Some final remarks about TARLUS and the methods of knowledge representation used in it. The process of recognizing hyperevents/hypersituations should be cyclic, i. e. any time information from a new sentence (or part of it) will be added to the current model of the text all the necessary inferences are made, vacant slots are filled and the model is matched against the set of possible hyperevents/hypersituations to make a check-up and reordering in that set. This process carries out a parallel check-up of several hypotheses on different levels of abstraction. Secondly, the process of recognizing "criminal" hyperevents (current version of TARLUS) takes into account only

the objective side of an offense, the subjective side of it (the aims of the offenders, their plans, etc.) will not be considered. The reason behind this is quite pragmatic: to take the subjective side of an offense into account would have meant construing an integrated theory of human intellectual behavior which would include, at least, modelling of its intentional and planning mechanisms. To expect to solve all these complicated problems within a pilot version of a text understanding system is for understandable reasons not possible.

## ОБ УПРАВЛЯЕМОМ ВЫВОДЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

Ю.С. Мартемьянов

Управляемый вывод предложений может в принципе обеспечиваться грамматикой, состоящей из двух основных компонентов — базисного и трансформационного. По своему назначению они дополняют друг друга.

Базисный компонент строит все те и только те синтактико-лексемные структуры, формальное различие между которыми означает различие в смысле, но не в степени приближения к принятой в данном языке норме: к требованиям "хорошей оформленности" базисный компонент безразличен.

Трансформационный компонент, напротив, приближает каждую заданную базисную структуру к нормальному виду, по возможности оптимальному в данном языке (точнее — стиле), причем так, чтобы в ходе этого приближения сохранить верность именно этой базисной структуре с ее смыслом: изменение в форме структуры не должно сопровождаться изменением в смысле.

Окончательный результат трансформационного приближения базисной структуры к нормальной языковой форме называется поверхностной структурой. Если в данном языке (стиле) некоторой глубинной структуре должно соответствовать несколько поверхностных, то трансформационный компонент должен обеспечить несколько путей трансформационного перехода от такой базисной структуры к соответствующим поверхностным.

### Средства

Для удовлетворения перечисленным требованиям трансформационный компонент располагает следующими средствами: а) набором трансформаций; б) перечнем способов извлечения трансформаций из набора; в) тактикой выбора одной из альтернативных трансформаций.

а) Трансформации представляют собой правила вида  $A \Rightarrow B$ , где А и В два последовательных приближения (трансформа) некоторой базисной структуры (в общем случае ее фрагмента) к поверхностной форме, а " $\Rightarrow$ " означает серию элементарных

операций, осуществляющих переход от трансформации А, или входа (в частном случае это базисная структура, или нулевой трансформ), к трансформации Б, или выходу трансформации (в частном случае это поверхностная структура, или окончательный трансформ).

б) Для исходной базисной структуры и каждого ее очередного приближения из набора трансформаций извлекается следующая трансформация (или комплекс взаимодополняющих трансформаций), так чтобы в конечном счете получить для исходной базисной структуры полный трансформационный вывод с результатом в виде одного поверхностного предложения. При извлечении для исходной структуры или ее некоторого трансформации Б нескольких альтернативных трансформаций (или комплексов) должен получаться целый пучок таких выводов с соответствующим числом поверхностных вариантов.

в) Выбирается одна из альтернативных трансформаций в зависимости от заданной установки на оптимальность или экономичность результата.

По своей общей форме структуры, участвующие в трансформационном выводе, имеют одинаковое строение: каждая из них представляет собой дерево подчинительных связей, помеченных при концах определенными согласованными синтаксическими категориями (глагольная валентность некоторого номера - дополнение по ней, например:  $\frac{VI}{\downarrow N/II}$  определяемое с адресом главного слова - определение с этим словом, иначе "юнкт" по элементу X - "адъюнкт" по тому же элементу, например:  $\frac{N/III}{\downarrow N/II}$ ); помимо названных базисных категорий могут появиться и другие, например:  $\frac{R^{inc}}{\downarrow R^{inc}}$ , см. ниже о модуляциях) категории при главных концах подчинительных связей, исходящих из одного узла, упорядочены и образуют единую "площадку": если узел - площадка чему-либо подчинен, то категория, выступающая при зависимом конце подчиняющей связи, предшествует прочим категориям этой площадки; самой последней на площадке помещается "пустая" лексическая категория S и заполняющая ее базисная лексема (см. примеры площадок в Приложении). По категориям распределены субкатегории трех типов: предметной (ж) и лексемной (⊕) тождественности, адъюнктного (х) и текстового (+) повторов, а также формально-грамматические субкатегории (род-число-лицо и способ управления). На отдельных площадках могут быть заданы внеязыковые мотивы ("тематизация", "сепарация", "акцентуация", "вопрос" и др.).

Преобразование входа трансформации в ее выход ( $\Rightarrow$ ) осуществляется элементарными операциями (модуляциями), которым "поручена" перестройка какой-либо одной частной характеристики входной структуры, например:

- перемещение лексем и субкатегорий (транспозиция: "такой X, что интерференция имеет X-следствие"  $\rightarrow$  "следствие, интерференция имеет которое", см. с. 76-77);

- опущение повторенных связей (элиминация: "интерференция имеет формирование голограммы тем, что формирование голограммы является следствием интерференции"  $\rightarrow$  "интерференция имеет формирование голограммы в качестве следствия интерференции", см. с. 78);

- изменение направления связи (конверсия: "является следствием интерференции формирование голограммы"  $\rightarrow$  "формирование голограммы является следствием интерференции");

- смена порядка категоризованных концов связей на площадке узла (реклинация: "интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок"  $\rightarrow$  "интерферирует сигнальный пучок с опорным пучком", см. с. 82-83);

- вынесение внутреннего безоъектного предложения с подчинением ему исходной структуры (премиссия: "формирование голограммы является следствием, интерференция имеет которое"  $\rightarrow$  "интерференция имеет тот факт, что формирование голограммы является следствием, интерференция имеет которое", см. с. 75-76);

- введение новых подчинительных связей (инкорпорация: "интерференция имеет тот факт, что формирование голограммы является следствием интерференции"  $\rightarrow$  "интерференция имеет формирование голограммы следствием интерференции", см. с. 77-78);

- вынесение внешнего безоъектного предложения с подчинением исходной структуре (аннексирование: "интерференция имеет следствием формирования голограммы"  $\rightarrow$  "вследствие интерференции формируется голограмма", см. с. 81-82);

В результате этих модуляций претерпевает изменение как порядок категорий на площадках, так и само их количество.

Существенная особенность отдельной модуляции состоит в том, что она осуществляет изменение "порученной" характеристики "не ведая, зачем", в качестве технического средства для мотива, который в ее собственном описании отсутствует. Такой мотив присущ лишь более высокому уровню преобразования - трансформации и состоит он в индивидуальном своеобразии

структуры, точнее, в ее специфической "анормальности", которая подлeжит "нормализации и потому записана у трансформации на входе (см. выше). Среди этих внутриязыковых мотивов назовем следующие:

а) Принятое в базе расположение главного слова определительной связи не при категории определяемого (юнкта), а в составе определительного предложения (адъюнкта) (ср. слово "следствие", переносимое на свое нормальное место, к категории юнкта, без чего определительная конструкция просто непроизносима, с. 76-77).

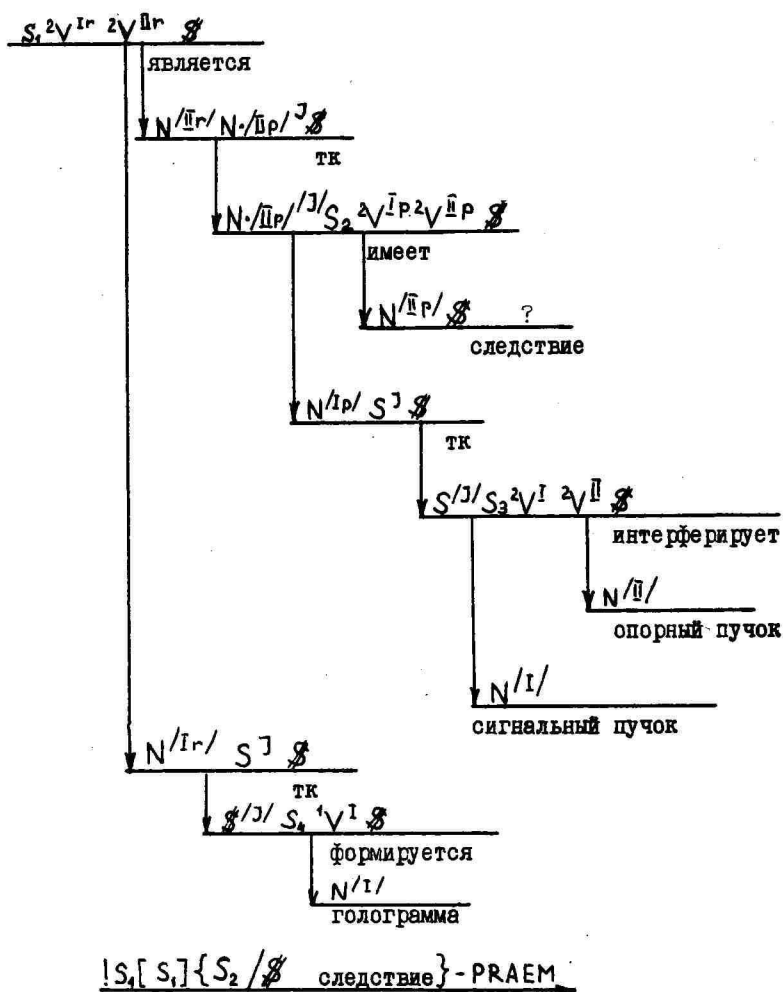
б) Отсутствие в базе производных имен, например отглагольных, вместо чего используется единообразная конструкция "тот факт, что формируется голограмма" или "тот факт, что интерферирует сигнальный пучок с опорным": для введения поверхностных производных имен "формирование (голограммы)" или "интерференция (сигнального пучка с опорным)" с соответствующим изменением управления производится предварительная синтаксическая трансформация, см. с. 82-83).

в) Единственность способа присвоить параметрической категории нужное значение: в базе допустимо только выражение "является следствием  $\alpha$  -н  $\beta$  -а"; для получения более нормальной конструкции " $\alpha$  -а имеет следствием  $\beta$  -у" необходимы сразу 3 последовательные трансформации, см. с. 75-81).

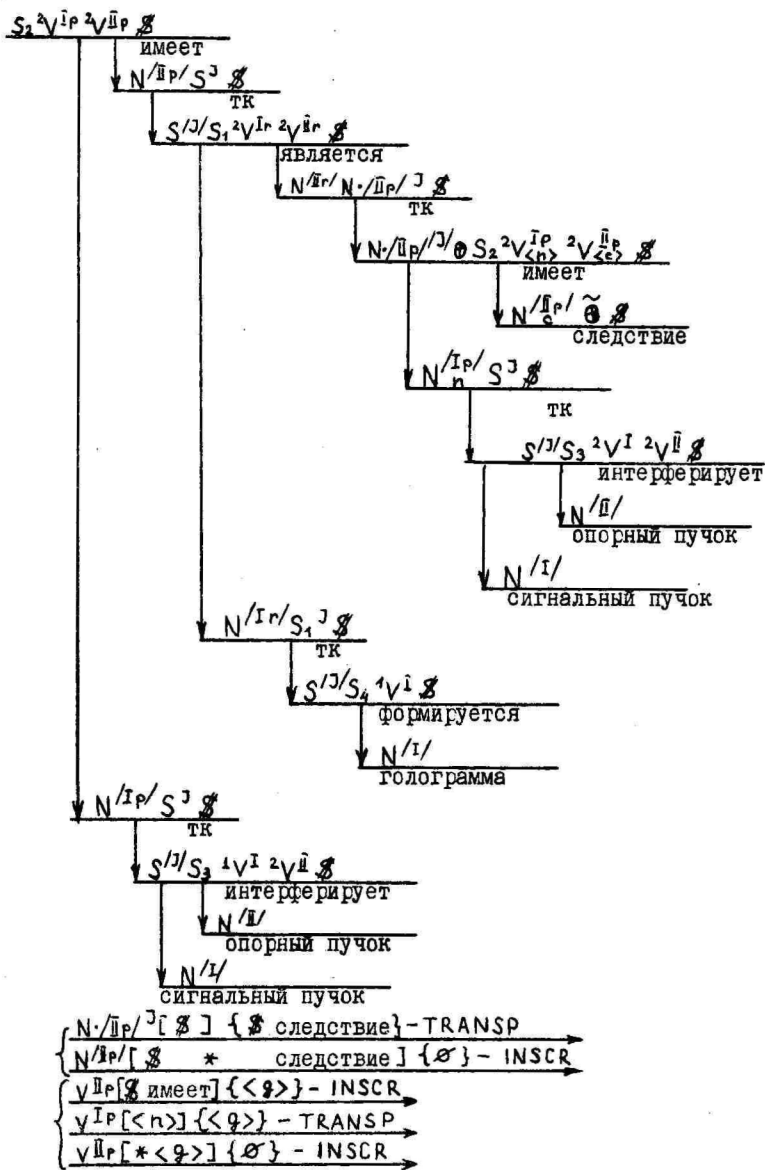
г) Наличие в составе предложения-подлежащего при сказуемом типа "имеет х-ом" - дополнений с пометой текстового повтора (+): "имеет следствием формирование голограммы интерференции (+) сигнального пучка с (+) опорным пучком"; последовательность двух трансформаций приводит сначала к конструкции "интерференция сигнального пучка с опорным пучком ведет к формированию голограммы, а затем к оптимальной поверхностной фразе "вследствие интерференции сигнального пучка с опорным пучком формируется голограмма".

д) Лексемное тождество двух дополнений к одному сказуемому при наличии у них различительных определений: аналогичным образом последовательность двух трансформаций создает два поверхностных варианта: "вследствие интерференции сигнального пучка с пучком опорным" или "вследствии интерференции пучка с опорным".

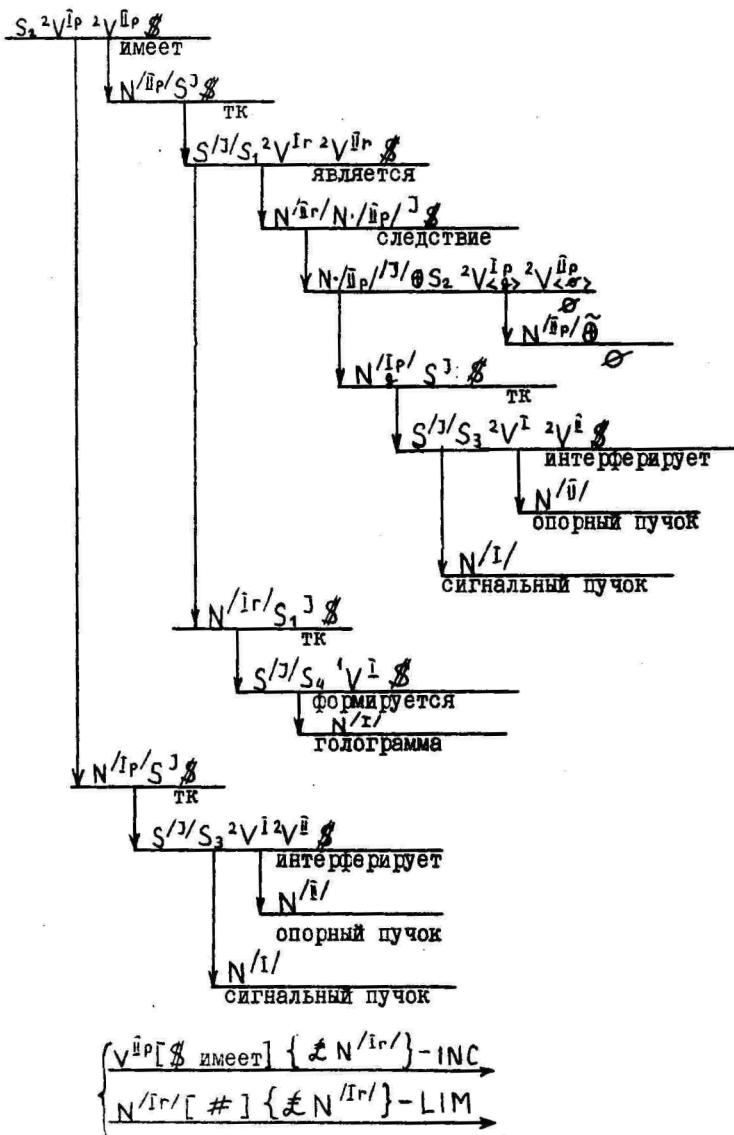
ПРИМЕР ТРАНСФОРМАЦИОННОГО ВЫВОДА



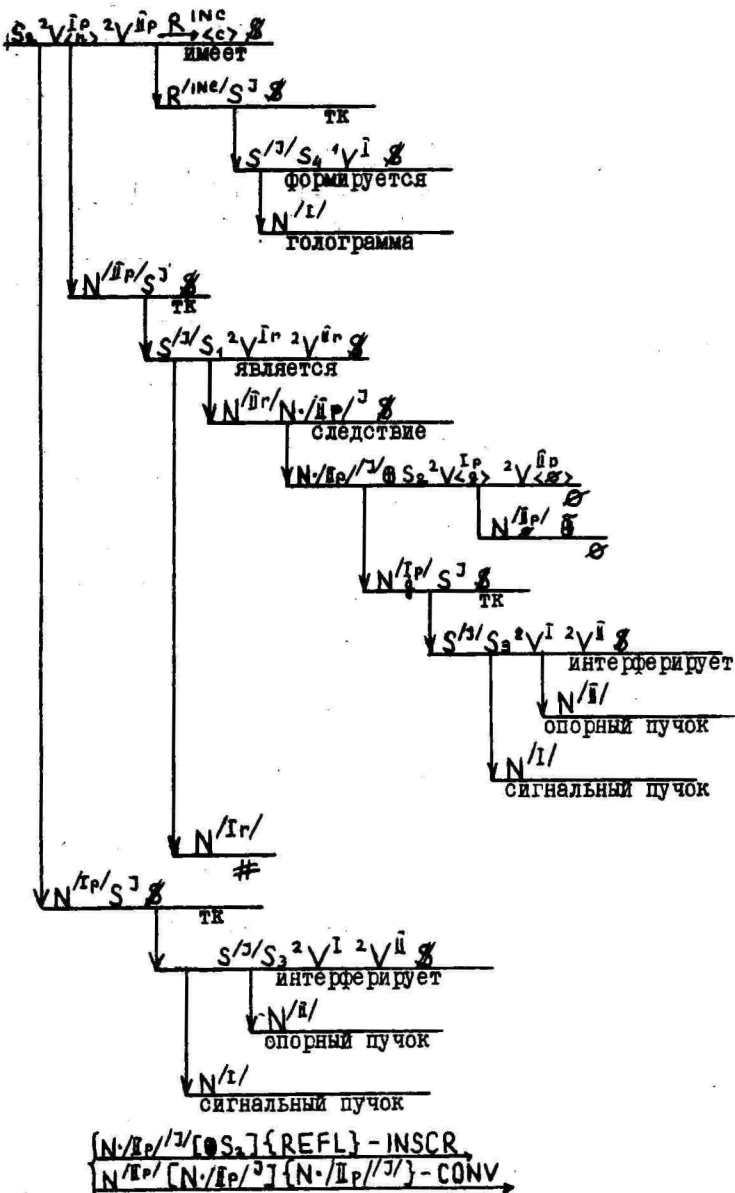
Является таким  $N / \overline{II_r} /$ , что имеет следствие ( $= N \cdot \overline{II_r} /$ ) такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок, такой факт, что формируется голограмма.



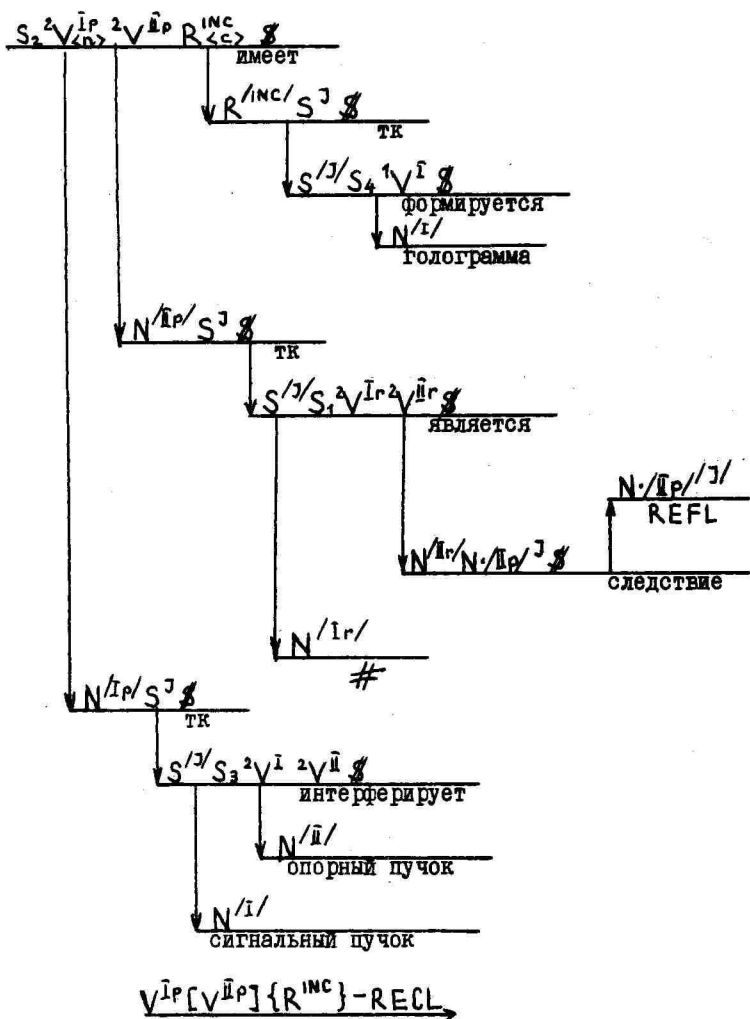
Имеет такой факт, что /является таким  $N/\sqrt{I_p}/$ , что имеет следствие (=  $N/\sqrt{I_p}/$  такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок, такой факт, что формируется голограмма/ такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок.



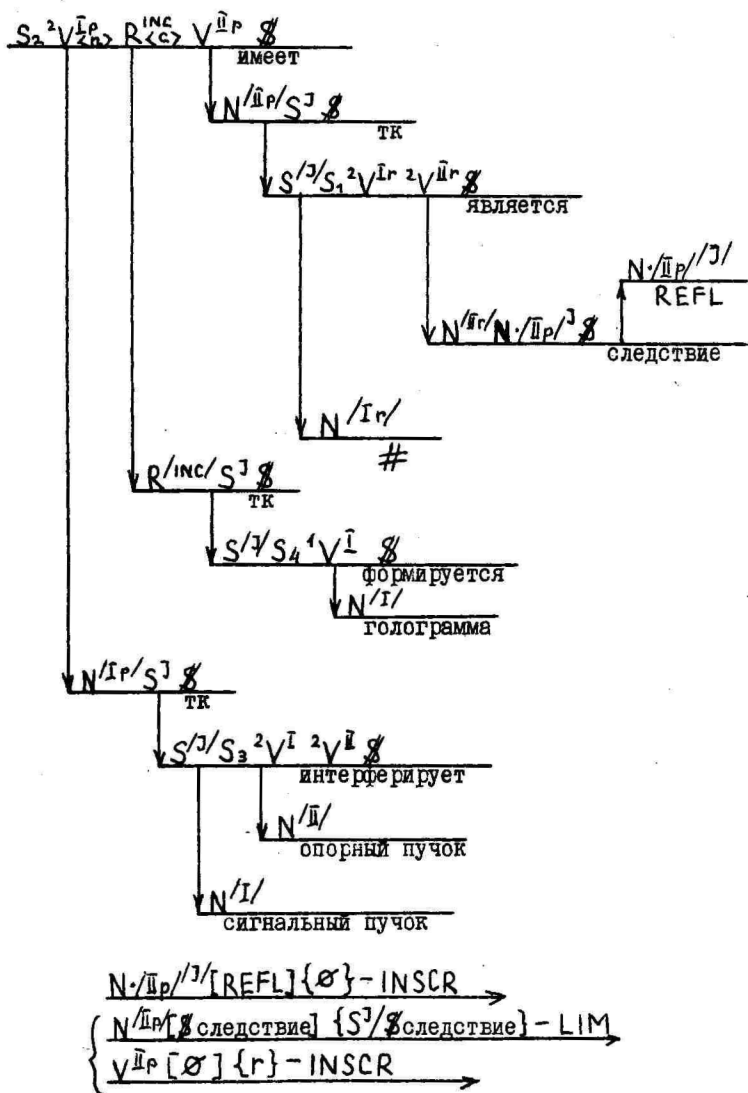
Имеет такой факт, что /является следствием такого факта, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок, такой факт, что формируется голограмма/ такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок.



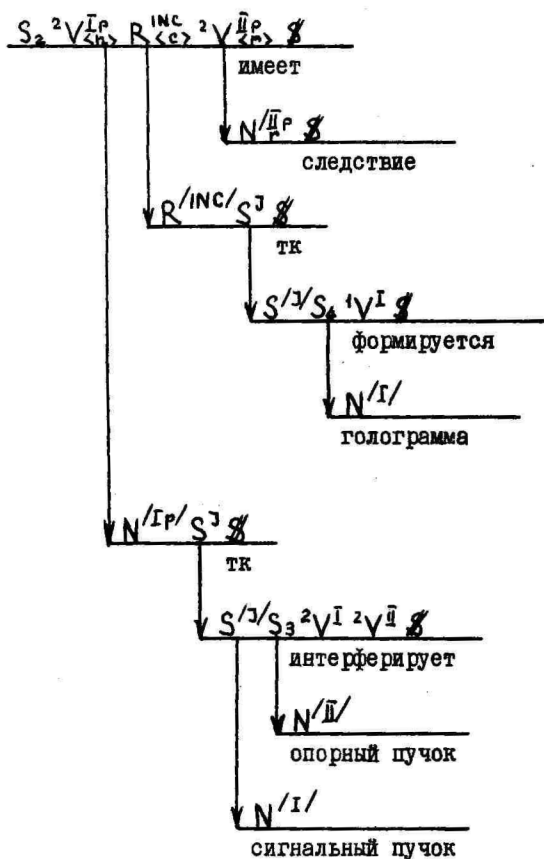
Имеет такой факт, что формируется голограмма, в качестве следствия такого факта, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок, такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок.



Имеет такой факт, что формируется голограмма, в качестве своего следствия такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок.

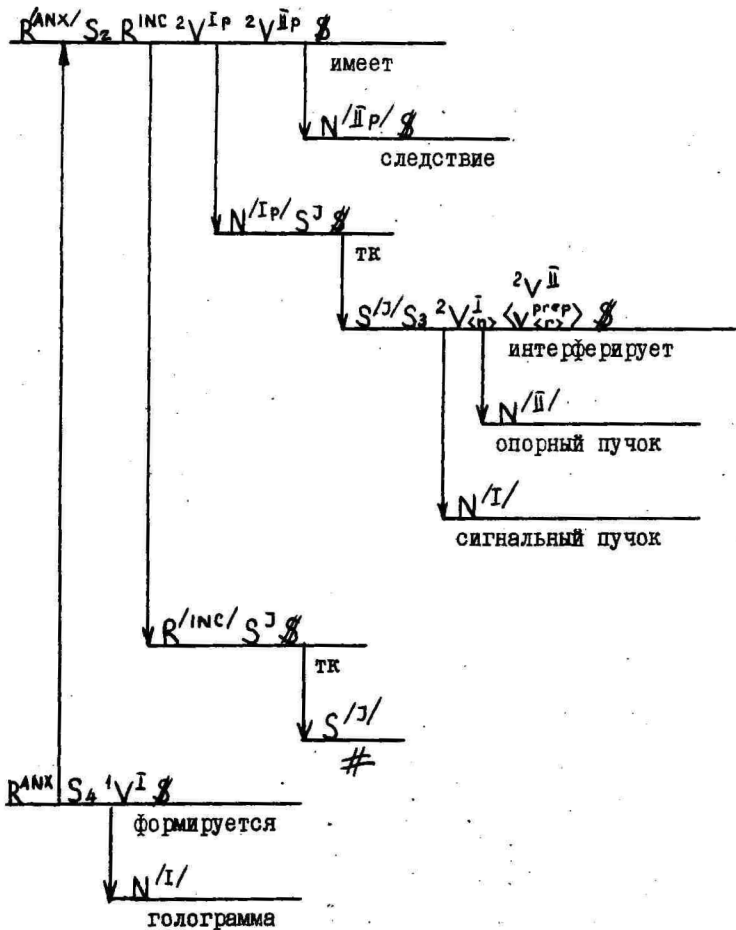


Имеет в качестве своего следствия такой факт, что формируется голограмма, такой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок.



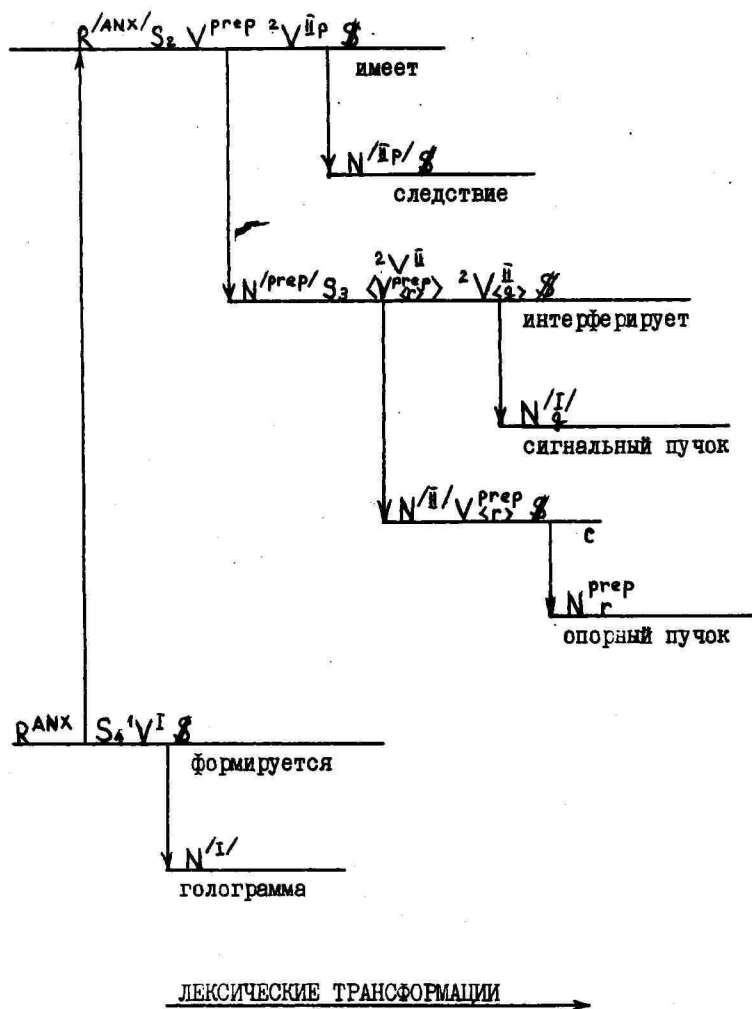
$$\begin{array}{l}
 \overbrace{S_2^2 [S_2] \{S_2/S_2\} - ANX} \\
 \overbrace{S_2^2 [V^{IP}] \{R^{INC}\} - RECL}
 \end{array}$$

Имеет следствием такой факт, что формируется голограмма, та-  
кой факт, что интерферирует с опорным пучком сигнальный пучок.

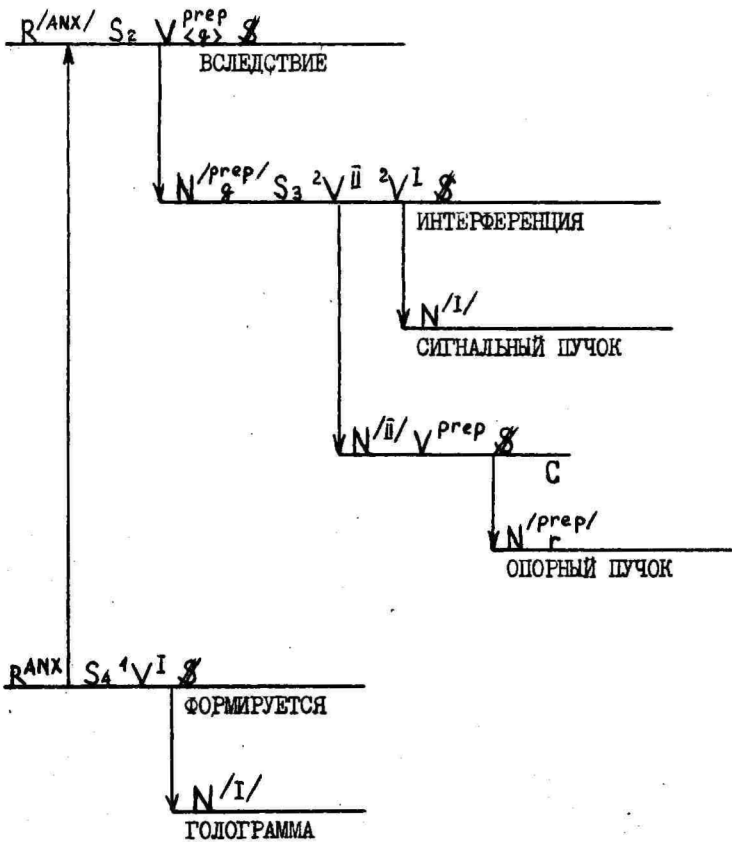


$$\begin{aligned}
 & \{ S_2 [2V^I] \{ 2V^I \} - RECL \rightarrow \\
 & \{ N^{IP} [S_2] \{ S^J \} - LIM \rightarrow \\
 & \{ 2V^I [ \langle n \rangle ] \{ \langle q \rangle \} - INSCR \rightarrow \\
 & \{ R^{INC} [ 2V^{IP} ] \{ V^{prep} \} - INSCR \rightarrow \\
 & \{ S_2 [ V^{prep} ] \{ R^{INC} / V^{prep} \} - LIM \rightarrow
 \end{aligned}$$

Вследствие такого факта, что интерferирует с опорным пучком сигнальный пучок, формируется голограмма.



Бследствие интерференции сигнального пучка с опорным пучком формируется голограмма.



ВСЛЕДСТВИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СИГНАЛЬНОГО ПУЧКА С ОПОРНЫМ ПУЧКОМ  
 ФОРМИРУЕТСЯ ГОЛОГРАММА.

Как видно из примеров, для трансформационного приближения "анормальных" входных структур к норме модуляции привлекаются целыми сериями, в той мере, в какой того требует исправляемая аномальность входа. Поскольку модуляции безразличны к индивидуальному своеобразию входной структуры и определены на элементарных типовых характеристиках, свойственных любой структуре, они могут в той или иной комбинации использоваться для реализации любых трансформаций, причем ввиду их элементарности для построения максимума желательных комбинаций оказывается достаточным минимума модуляций (пока их около двух десятков).

Особым образом устроены лексические трансформации, заменяющие базисную лексему или целый комплекс лексем на поверхностную лексическую единицу. Суть этой замены состоит в том, чтобы подобрать такую словоформу (или фразеологизм), которая соответствовала бы не только смыслу лексемы, но и синтаксической категоризации, появившейся в ходе трансформационного вывода на площадке этой лексемы. Для своевременного появления на этой площадке всех желательных синтаксических категорий и субкатегорий лексические трансформации производятся после всех синтаксических, т.е. в самом конце трансформационного вывода.

Каждая лексическая трансформация представляет собой словарную статью, на входе которой базисная лексема (или их комплекс) задается вместе с упорядоченной серией появившихся на ее площадке категорий и субкатегорий, а на выходе вместо базисной лексемы указывается ее словесный вариант, максимально согласованный с информацией входа. Ср. в Приложении замену комплекса базисных лексем "имеет следствием  $\beta$ -у  $\alpha$ -а" с их аннексной категоризацией - на предлог "вследствие  $\alpha$ -ы  $\beta$ -а", соответствующий и смыслу комплекса, и этой синтаксической категории; аналогично устроена и словарная статья для базисной лексемы "интерферирует x с -ом": ввиду наличия на входе синтаксических категорий имени от глагола с родительным падежом по первой валентности выходом считается словообразовательный дериват "интерференция X-а с У-ом".

Требуемый синтаксисом словесный вариант возможен не для всякой базисной лексемы, в чем проявляется известное явление "негибкости" словаря у данного языка (стиля): ср. отсутствие хорошего сказуемого варианта у базисных лексем "имеет дополнением", вместо которого норма требует аннексного слова - предлога "помимо". Такой конфликт между требованиями син-

лексической структуры и возможностями словаря решается двумя способами: либо через негативную обратную связь со словарем + отказ от лексически необеспеченного трансформационного вывода и последовательный перебор всех остальных возможных выводов до обнаружения такого, при котором для каждой лексемы в словаре найдется требуемый синтаксический вариант; либо через позитивное указание для класса негибких лексем с общим синтаксическим "дефектом", какой из альтернативных путей на каждом шаге вывода для них следует выбирать, чтобы попасть на обеспеченный словарный вход. Экономичнее именно второй способ.

При множестве альтернативных путей вывода целенаправленный выбор зависит не только от возможностей, которые предоставляет словарь языка (для данного стиля), но и от того, насколько разные трансформации с общим входом дифференцированы по стилю, а внутри одного стиля — по качеству. Так, в научном стиле русского языка одинаково допустимы, по-видимому, разные трансформации описанной в Приложении структуры, например: "Формирование голограммы является следствием интерференции сигнального пучка с опорным пучком", "Интерференция сигнального пучка с опорным пучком имеет формирование голограммы в качестве своего следствия", "Интерференция сигнального пучка с опорным пучком имеет следствием формирование голограммы", однако очевидно, что оптимальным является только один: "Вследствие интерференции сигнального пучка с опорным формируется голограмма"; это именно тот трансформ, который получен в результате наибольшего удаления от "анормальной" базисной структуры, с помощью самого длинного трансформационного вывода, с использованием наиболее идиоматичных синтаксических приемов и соответствующего варьирования лексем. Таким образом, наряду с задачей дифференцирования разрабатываемых трансформаций сразу же встает и проблема экономичности трансформационного компонента, т.е. экспериментального исследования разных режимов его использования для достижения приемлемого компромисса между слишком дорогим оптимумом и никуда не годной дешевизной.

#### Л и т е р а т у р а

- I. V. N. Ingve. A Model and a Hypothesis of Language Structure. — Proceedings of American Philosophical Society, vol. 104, 5, 1960.

2. N. Chomsky. Aspects of the Theory of Syntax. The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge (Mass.), 1965.
3. G. Lakoff. On the Nature of Syntactic Irregularity. Mathematical Linguistics and Automatical Translation. Harvard University, 1965.
4. U. Weinreich. Explorations in Semantic Theory. Current Trends in Linguistics. (T.A. Sebeck, ed.). B. 3. The Hague, 1966.
5. Ch. J. Fillmore. The Case for Case. Universals in Linguistics Theory. (E. Bach, R.T. Harms, eds.). N.Y., 1968.
6. J.D. McCawley. Meaning and the Description of Language. Linguistische Forschungen" (F. Kiefer, ed.), Athenäum, 1970.
7. Мартемьянов Ю.С. Связный текст - изложение расчлененного смысла. М.: Ин-т русского языка АН СССР, предв. публикации. 1973, вып. 40.
8. Мартемьянов Ю.С., Московой В.А. Об исчислении словарных входов, I. - Прикладная лингвистика. М.: МГПИИЯ им. Мориса Тореза, вып. 18, 1976.
9. J.P. Desclés. Problème du Transfert des Catégories. Rapport sur la Conférence Internationale de Moscou; Problèmes actuels de Traduction Automatique, M.1977.
10. Мартемьянов Ю.С. Текст: от канонической структуры к разнообразию форм. Лингвистические проблемы проектирования информационных систем. Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1978.

**ABSTRACT: ON THE COVERED INFERENCE OF PROPOSITIONS**

**J. Martemjanov**

**S u m m a r y**

An attempt is made to base the transformational grammar into a new version of dependency tree with minimum of deep syntactic categories combined in its nodes to account for syntactic "parts of speech" of deep lexemes inserted. This approach

- a) enables the transformational grammar to motivate syntactically the derivation of surface "parts of speech" and corresponding lexemic variants, and
- b) permits to govern the transformational inference itself, taking in consideration the possibilities of lexical entries.

## СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

М.Э. Озолинь

### Введение

В последние годы наблюдается широкое применение методов искусственного интеллекта (ИИ) при проектировании интеллектуальных банков данных (ИБД) и информационно-поисковых систем, автоматизации проектирования и принятия решений и в других областях /1/. Не остались в стороне и работы по автоматизации обучения. Здесь общая тенденция направлена от прямого копирования действий учителя по обучению абстрактного ученика к моделированию его деятельности для каждого конкретного ученика /2/. Другими словами, проектируются и создаются автоматизированные обучающие системы (АОС), которые способны максимально приспособливаться к индивидуальным особенностям учеников, а также отвечать на их нерегламентированные вопросы об объекте изучения. Совершенно очевидно, что такое моделирование невозможно, если АОС не обладает подобными знаниями об изучаемом предмете, т.е. и здесь основное место занимает проблема представления знаний (ПЗ). Она, имея много общего с проблемой ПЗ в системах ИИ вообще /1/, обладает и своей спецификой, связанной с особенностями функционирования АОС. Так, если при обращении к вопросно-ответной системе или ИБД предполагается, что человек и система одинаково представляют структуру предметной области разговора (отличия состоят только в знании тех или иных подробностей, конкретных данных), то АОС должна отобразить текущее состояние знаний ученика /3, 4/ и использовать его для планирования своей работы. Это состояние, называемое моделью знаний ученика (МЗУ), носит динамический характер - изменяется в процессе обучения и должно уточняться в ходе диалога. Отсюда процесс контроля знаний ученика получает новую интерпретацию - это процесс идентификации МЗУ. Форма такого контроля - диалог на естественном языке (ЕЯ), ограниченный соответ-

вующей предметной областью. Только так из ответных реакций ученика можно извлечь достаточное количество информации. Последняя задача требует, чтобы АОС обладала определенными лингвистическими знаниями, позволяющими переходить от плана выражения к плану содержания при анализе реакций ученика и наоборот (от плана содержания задачи к плану ее выражения) при формулировке задач и контрольных вопросов, а также ответов на вопросы. При этом особое внимание должно обращаться на оперативность этих преобразований как необходимой предпосылки поддержания внимания ученика.

В свете вышесказанного целью данной статьи является попытка предложить способ решения проблемы ПЗ в АОС путем обобщения опыта, накопленного в процессе создания моделей изучаемого предмета по отдельным темам курсов: "Программирование на алгоритмическом языке ПЛ/I" и "Теория информации". Задача работы с этими моделями на ЕЯ затрагивается только для пояснения ее влияния на выбранный способ представления. Поэтому остались в тени такие важные вопросы как содержание используемых лингвистических знаний, способы осуществления выводов, извлечение из СС информации (например, для ответа на запросы) и др.

#### Общая характеристика представления знаний в АОС

В данном параграфе кратко обосновываются причины выбора семантической сети (СС) для представления знаний об изучаемом предмете, приводятся основные допущения, которые используются при построении СС для конкретных областей, и освещаются некоторые технические вопросы.

Как уже отмечалось, знания об изучаемом предмете используются для решения следующих задач:

- а) проверки семантической правильности реакций ученика;
- б) понимания нерегламентированных вопросов ученика об объектах изучения и нахождения ответов на них;
- в) управления процессом обучения путем задания:
  - цели обучения в виде формируемой в ходе обучения целевой структуры системы знаний и умений;
  - основы для отображения текущей структуры системы знаний и умений каждого ученика в виде подструктуры (возможно, с искажениями) относительно целевой структуры.

Для обеспечения этого из существующих способов ПЗ /5/ нами выбрано представление в виде семантической сети (СС) - графа с помеченными вершинами и дугами. Не вдаваясь в под-

робности, укажем, что в основе такого выбора лежит ряд предпосылок:

- а) гносеологические предпосылки такого описания основаны на материалистическом понимании познания как процесса формирования адекватной картины реального мира и языка как одного из основных средств этого процесса /6, 7/;
- б) в СС явно воплощена идеология системного описания моделируемого явления путем задания множества взаимосвязанных элементов. На таком описании настаивают педагогика (система знаний) /6/, психология (ассоциативная память) /15/ и другие области знаний;
- в) таким путем удается моделировать коммуникативный аспект обучения как процесса общения между тезаурусами учителя и ученика /8/;
- г) с прикладной точки зрения, СС в основном используются в задачах, связанных с пониманием ЕЯ /5/.

В дальнейшем мы отдельным вершинам будем приписывать слова ЕЯ. Практически это ссылка на соответствующую статью в словаре, в общем случае неоднозначная. Числовые значения, приписанные некоторым вершинам, не включены в словарь, а помещены в отдельном массиве. Таким образом, знания разделены на две относительно самостоятельные части: собственно СС, которая описана в следующем параграфе, и словарь, в котором задана вся "известная АОС" лексика, содержащая как специфические для данной предметной области слова, так и общеупотребляемые лексические единицы. В словаре задается морфологическая (способы словообразования и словоизменения, род (для существительных) и другие характеристики), синтаксическая (модели управления и другие данные, связанные с сочетаемостью отдельных элементов) и некоторая, очень общая семантическая информация (признаки типа "абстрактный или конкретный объект", "процесс", "качество", характеристики, позволяющие получить числовое значение числительных, ссылки на вершины СС (для части элементов и другие признаки). Следует заметить, что часть элементов словаря не имеет прямых ссылок на вершины СС. Это в основном общеупотребляемые лексические единицы: предлоги, союзы, числительные, элементы с расплывчатой семантикой (например, "иметь", "находиться", "признак"). Синтаксические и семантические зоны последних наиболее сложны - они, с одной стороны, являются индикаторами, указывающими на необходимость применения определенных процедур анализа, а с другой - задают более подробную информацию для них.

Таким образом, СС представляет собой источник лингвистических данных. В нем представлены основные соотношения моделируемого мира, "связанные с тем, как воспринимает и понимает человек окружающий его реальный мир..." /9, с. 84/. Другими словами, вместо представления значений отдельных предложений, выражающих отдельные факты, в общем случае истинные или ложные /10, 16/, в СС представляются общие, всегда истинные (в рамках моделируемого мира) знания, на основе которых можно оценить правдоподобность частных фактов. В этом отношении данная работа близка к подходам, изложенным в /11, 17/. Отсюда следует общая схема анализа и синтеза текстов на ЕЯ, которая основана на предположении, что все элементы СС (вершины и отношения) имеют способ выражения на ЕЯ (прямой: словами и словосочетаниями и/или косвенный: порядком слов и контекстом).

#### Элементы семантической сети

Несмотря на внешнее единообразие СС – используются только два типа элементов – вершины и дуги, задающие отношения между вершинами, практически каждое использование СС обладает своими особенностями /5/. Не пытаясь анализировать все эти работы, приведем краткое описание используемого нами способа ПЗ в виде СС.

#### 2.1. Вершины СС

В зависимости от значения меток, все вершины можно разделить на несколько классов: вершины-понятия, вершины – числовые значения, вспомогательные вершины, процедуральные вершины, вершины-состояния.

Вершины-понятия обозначают реальные или абстрактные объекты и явления моделируемого мира. Они имеют явный способ выражения в ЕЯ (не обязательно единственный), например, "программа", "объект программы", "условная энтропия", "вычисление". Понятие можно классифицировать по двум признакам: А) в зависимости от функций в модели мира, что выражается через их отношения с другими вершинами СС, можно выделить следующие подвиды понятий:

- а) понятия-объекты, которые соответствуют реальным или абстрактным предметам ("программа", "условная энтропия"). Они могут образовывать только бинарные отношения с другими понятиями, в том числе являться аргументами для понятий-предикатов;

б) понятия-предикаты, которые выражают процессы или события в моделируемом мире ("ввод", "вычисление"). Отличительная особенность их - наличие глубинно-падежных отношений с другими понятиями, что эквивалентно  $n$ -местному отношению или предикату (это не исключает возможность связывания их бинарными отношениями). Они в основном описывают процессы, происходящие в моделируемом мире;

Б) в зависимости от способа выражения на ЕЯ выделяются:

а) простые понятия, которые могут выражаться одной лексемой ЕЯ (не исключая синонимичного способа выражения словосочетанием). Метки при этих вершинах являются ссылками на словарь (в общем случае неоднозначными), а соответствующие элементы словаря в семантической зоне имеют ссылки на эти вершины;

б) сложные понятия, для выражения которых на ЕЯ используются словосочетания. Способы их выражения через названия других понятий задаются лингвистическими отношениями. Они являются как бы эквивалентом словаря словосочетаний, который в данном случае фигурирует в неявном виде. Метки при этих вершинах (если имеются вообще) носят чисто служебный характер, представляя некоторые невычисляемые их характеристики.

Вершины - числовые значения выделены в отдельный класс в силу специфики их представления (см. выше) и обработки.

Вспомогательные вершины помогают решать некоторые трудные вопросы ПЗ, возникающие из-за постулирования бинарности отношений. На практике они используются в двух случаях:

а) для сведения отношений, небинарных по своей природе, к бинарному путем образования как бы "мнимого" предиката. Например, широко используемое отношение "род-вид" практически является трехместным (род-признак-вид), т.к. в общем случае требует указания признака, по которому из родового понятия выделяются видовые. Это особенно важно, если родовое понятие, в зависимости от разных признаков, может образовать различные классификации;

б) для объединения в единый формализм нотаций СС и расширенных (транзитивных) сетей переходов (РСП), при помощи которых удобно задать строение некоторых объектов (см. ниже).

Процедуральные вершины используются для указания отдельных процедур. Так, если в СС в качестве объектов используют-

ся формулы, то удобно с ними связывать процедуры, выполняющие вычисления по этим формулам. Такие вершины сходны с вершинами-предикатами - они требуют указания аргументов - фактических параметров. Отличие их состоит в том, что метка при вершине указывает не на словарь, а служит индикатором для вызова процедуры.

Введение вершин-состояний является попыткой расширения выразительной мощности СС для описания строения объектов моделируемого мира /I2/ путем указания взаимного расположения и обусловливания их частей. В общем случае такое описание требует указания пространственных отношений, которые зависят от положения наблюдателя и его описания (см. например, попытки определения слов "левый" и "правый" в /I3, с. III/). Для решения этого чрезвычайно сложного вопроса, учитывая специфику объектов (объекты алгоритмического языка ШЛ/I), мы воспользовались РСЦ, введенными В.А. Вудсом /I4/, которые для сходной цели предлагалось использовать в /I8/. РСЦ - это оргграф, вершины которого соответствуют состояниям, а дуги - возможным переходам между этими состояниями. Имеется одно начальное и одно или несколько конечных состояний. Метки при дугах указывают условия, которые должны соблюдаться, и действия которые необходимо совершить, чтобы переходить по данной дуге. Для стыковки СС и РСЦ последняя модифицируется введением на каждой дуге вспомогательной вершины, которая при помощи отношения "условие" связывается с вершиной, определяющей условия для данного перехода, а отношением "действие" - процедуральной вершиной, что обеспечивает выполнение необходимого для перехода действия. Пример использования СС совместно с РСЦ приведен на рис. 2.

## 2.2. Отношения между вершинами

Классификация отношений является весьма трудной задачей из-за расплывчатости границ между отдельными классами. В рамках данной работы в качестве признака использовано функциональное сходство отдельных отношений. Тогда все используемые отношения разделяются на следующие классы: лингвистические (ЛО), глубинно-падежные (ГО), смысловые (СО) и математические (МО) отношения, отношения РСЦ (ОС) и ассоциативные отношения (АО).

Для иллюстрации способов использования отдельных отношений воспользуемся примерами (рис. 1 и 2), в которых приняты следующие обозначения:

а) каждое отношение  $R$  имеет обратное ей отношение  $R^{-1}$  (исключениями являются отношение "эквивалентность" и АО, которые симметричны), поэтому направление стрелок принято относительно произвольно;

б) расшифровка всех использованных обозначений отношений для удобства приведена в таблице;

в) обозначения вершин имеют следующий смысл:

- — понятия-объекты и вершины-числовые значения;
- — понятия-предикаты;
- — вспомогательные вершины;
- ▀ — процедуральные вершины;
- — вершины-состояния (выходные вершины РСЦ выделяются закрашиванием);

г) ссылки на словарь заменены самими лексемами, которые, в отличие от представления в словаре, записаны со всеми флексиями и суффиксами. Другими словами, практически каждой такой вершине может соответствовать множество лексем;

д) при вершинах-сложных понятиях в большинстве случаев в квадратных скобках записаны их выражения на ЕЯ (также только одна из возможных форм), которые в явном виде не существуют.

Обозн. отнош.	"Название" отношения	Класс	Пример
1	2	3	4
$R_1$	имя	ЛО	память → оперативная память
$R_2$	атрибуט-1	ЛО	оперативная → оперативная память
$R_3$	атрибуט-2	ЛО	программа → оператор программы
$R_4$	атрибуט	ЛО	цифра → цифровой алфавит/ алфавит цифр
$R_5$	эквивалент	ЛО	передача данных ← ввод-вывод
$R_6$	эквив-ность	ЛО	описатель → атрибуט
$R_7$	по умолчанию	ЛО	память → оперативная память
$R_8$	пример	ЛО	передача → передача данных
$R_9$	объект	ГО	передача → данные
$R_{10}$	производитель	ГО	выполнение программы → ЭВМ
$R_{11}$	исх. место	ГО	ввод → внешняя память
$R_{12}$	рез. место	ГО	ввод → оперативная память
$R_{13}$	адресат	ГО	передача управления → оператор программы
$R_{14}$	способ	ГО	оператор ввода-вывода → поток

I	2	3	4
$\Gamma_{15}$	род-вид с указанием признака	СО	оператор ввода-выв. $\rightarrow$ направление обмена $\rightarrow$ оператор ввода $\rightarrow$ оператор вывода
$\Gamma_{16}$			
$\Gamma_{17}$	род-вид	СО	память $\rightarrow$ внешняя память $\rightarrow$ оперативная память
$\Gamma_{18}$	признак	СО	оператор ввода-вывода $\rightarrow$ направление обмена
$\Gamma_{19}$	знач. признака	СО	оператор ввода $\rightarrow$ ввод
$\Gamma_{20}$	часть	СО	ЭВМ $\rightarrow$ память
$\Gamma_{21}$	конкр. элем.	СО	оператор ввода $\rightarrow$ GET
$\Gamma_{22}$	элемент	СО	программа $\rightarrow$ объект программы
$\Gamma_{23}$	характерист.	СО	имя $\rightarrow$ максимальная длина
$\Gamma_{24}$	знач. характ.	СО	внешнее имя $\rightarrow$ ?
$\Gamma_{25}$	строение	СО	внешнее имя $\rightarrow$ (вход РСП "внешнее имя")
$\Gamma_{26}$	обозначение	МО	текущая длина $\rightarrow$ к
$\Gamma_{27}$	условие	ОС	(служебные отношения, которые используются для задания РСП и ее связи с СО)
$\Gamma_{28}$	действие		
$\Gamma_{29}$	переход		
$\Gamma_{30}$	параметр		

Лингвистические отношения используются для указания способа выражения на ЕЯ сложных понятий. При этом функции отношений  $\Gamma_1 \div \Gamma_4$  достаточно ясны из примеров (рис. 1 и 2). Большое сходство наблюдается в использовании отношения  $\Gamma_3$ , но она содержит и смысловой компонент, т.к. связывает понятия-предикаты и вдоль ее происходит как бы конкретизация предиката путем постепенного ограничения кандидатов на заполнение его мест (см. рис. 1). Совместно с отношением "часть" они задают ось определений /II/. Отношение  $\Gamma_7$  используется, если в ходе интерпретации выражений на ЕЯ возникают неопределенности. В приведенном примере (рис. 1) ее смысл эквивалентен фразе: "Когда говорят о памяти, обычно подразумевается оперативная память". Отношения  $\Gamma_7$  и  $\Gamma_8$  задают тождество в принципе разных понятий в рамках данной предметной области. Разница между ними аналогична разнице между выражениями "можно заменить" и "синоним".

Глубинно-падежные отношения обычно относят к классу ЛО /5/. При нашей классификации ЛО относятся к "поверхностным",

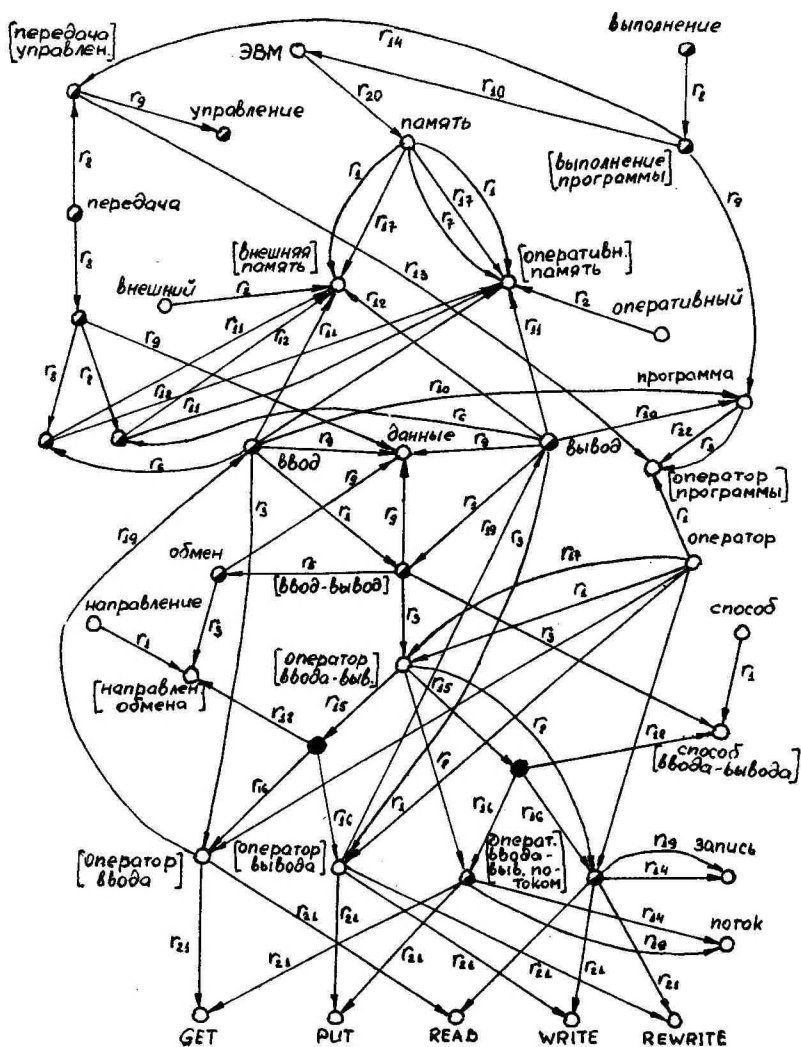


Рис. 1. Фрагмент семантической сети по теме "Операторы алгоритмического языка ПЛ/I".

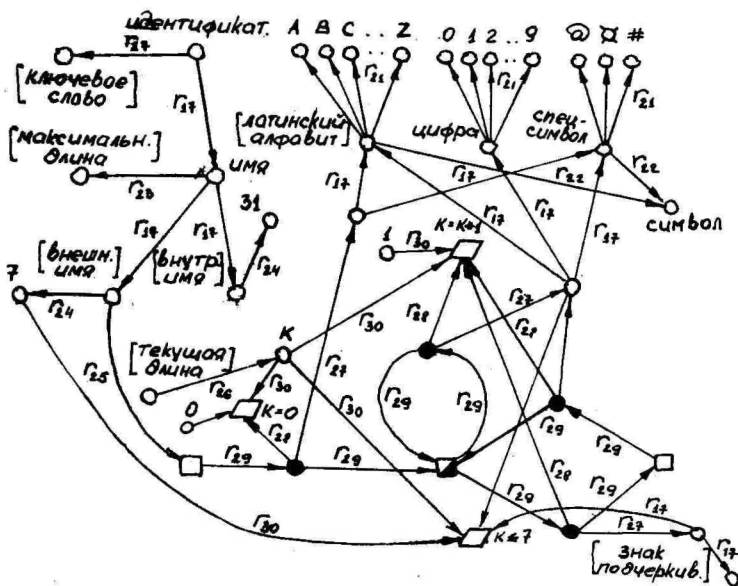


Рис. 2. Фрагмент семантической сети по теме "Идентификаторы алгоритмического языка ПЛ/I" с расширенной сетью переходов, которая задает строение объекта "внешнее имя".

поэтому Г0 выделены в отдельный класс как выражающие "глубинные" отношения и только их специфическая связь с моделью управления мешает их включению в класс С0. Выбор конкретного набора Г0 основан на анализах, проведенных в /19/, которые распространяются также на понятия-процессы, а специфика их использования ( $\Gamma_0 + \Gamma_{14}$ ) показана на рис. 1.

Смысловые отношения составляют основу тезауруса АОС /8/. Их удобно разделить на несколько подклассов.

1. Теоретико-множественные отношения ( $\Gamma_{17} \div \Gamma_{17}$ ,  $\Gamma_{20} \div \Gamma_{22}$ ) задают иерархию объектов моделируемого мира. Разница между отношениями  $\Gamma_{17}$ ,  $\Gamma_{16}$  и  $\Gamma_{17}$  состоит в том, что первые, кроме указания вида, через вспомогательную вершину и отношение  $\Gamma_{18}$  позволяют указать признак классификации (см. классификацию операторов ввода-вывода на рис. 1), а последнее используется, если этот признак не существен или очевиден (см.

пример с понятием "память" на рис. 1). Следует заметить, что используется еще одно отношение "видового" типа - отношение "подмножество" (SUB /II/), которое подчеркивает "множественность" видового понятия, что определяет специфику выражения его на ЕЯ. Другими словами, отношение SUB имеет в своем составе компоненту, характерную для ЛО. Разница между отношениями  $\Gamma_{21}$  и  $\Gamma_{22}$  наглядно представлена на рис. 2.

2. Характеризующие отношения ( $\Gamma_{12}, \Gamma_{13}, \Gamma_{23}, \Gamma_{24}$ , а также "свойство", "роль", "значение", "ограничение" и некоторые другие, которые не используются в приведенных примерах) определяют общие и частные количественные и качественные признаки или характеристики объектов. Их смысл следует из названия, а использование не отличается от общественного /5, II/.

Использование отношений, связанных с заданием РСП и стиковкой ее с СС ( $\Gamma_{25} - \Gamma_{29}$ ), показано на рис. 2. Показанная там РСП задает правила строения объекта "внешнее имя". При этом для наглядности в качестве меток при процедуральных вершинах, указывающих процедуры, записаны выражения, которые эти процедуры вычисляют.

Математические отношения на рис. 2 представлены отношениями  $\Gamma_{26}$  и  $\Gamma_{31}$ . Первое определяет "смысл" параметра, а второе - задает параметры для процедур. (Следует заметить, что последние отношения должны иметь индексы, определяющие порядок параметров, которые здесь опущены). Сюда также относятся отношения "процедура", указывающая на вершину-процедуру, "формула" и некоторые другие.

Ассоциативные отношения в прямом виде используются весьма редко - обычно они уточняются и выражаются в терминах других вершин и отношений. В отдельных случаях выгодно придать им смысл ЛО, например, связывая отношением "сходство" понятия "алфавит" и "множество". Косвенно смысл ассоциативных отношений имеют, например, ЛО - они очень просто позволяют получить ответ на вопрос типа "С какими словами ассоциируется слово "оператор"?".

#### Заключение

Данная работа ведется в целях расширения функциональных возможностей АОС "КОНТАКТ". Предполагается, что включение небольших моделей изучаемого предмета (300-500 вершин СС) в обучающую программу с динамической их сменой в ходе обучения позволит, с одной стороны, преодолеть нынешнюю "чрезмерную

жесткость" обучающих программ, а с другой, — накопить опыт по разработке таких моделей и работе с ними. Это необходимая предпосылка перехода к автоматизированному составлению моделей предмета, а в конечном итоге — для создания АОО, способной самостоятельно формировать стратегию обучения на основе знаний об изучаемом предмете и состоянии знаний ученика.

#### Л и т е р а т у р а

1. Представление знаний в системах искусственного интеллекта. М., 1980. 155 с.
2. Кузин Л.Т., Сергиевский Г.М., Яковлев Л.Т. Проблемы автоматизации обучения в кибернетике. — В кн.: Машинное обучение с помощью диалога. М., 1976, с. 3-8.
3. Турбович Л.Т. Информационно-семантическая модель обучения. Л.: из-во ЛГУ, 1970. 177 с.
4. Борисов А.Н. Озолинь М.Э., Цукст И.Ю. Принципы построения автоматизированных обучающих систем. — В кн.: Управление сложными системами. Рига, 1978, с. 136-142.
5. Попов Э.В., Фирдман Р.Г. Алгоритмические основы интеллектуальных роботов и искусственного интеллекта. М.: Наука, 1976, 455 с.
6. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. М.: Педагогика, 1974, 192 с.
7. Сильдмяэ И. Гносеологическая структура текста и знаний. — Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып. 519. Тарту, 1980, с. 108-117.
8. Озолинь М.Э. Использование тезауруса при автоматизации обучения. — В кн.: Семантические вопросы искусственного интеллекта. Киев, 1978, с. 28-29.
9. Поспелов Д.А. Диалоговые системы: трудности и успехи. — Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып. 519, Тарту, 1980, с. 82-98.
10. Шуберт Л. Усиление выразительной мощности семантических сетей. — В кн.: Кибернетический сборник, вып. 16. М.: Мир, 1979, с. 171-212.
11. Коен Ф., Милопулос Дж., Борджида А. Некоторые аспекты представления знаний. — В кн.: Труды IV Международной объединенной конф. по искусственному интеллекту, т. 2. М., 1975, с. 2.42-2.62.

12. Новицкий Л.П., Озолин М.Э. Организация диалога на основе текста базового пособия и модели предметной области. - В кн.: Материалы II Всесоюзного совещания "Диалоговые вычислительные комплексы". Серпухов, 1979. с. 509-518.
13. Апресян Ю.Д. Лексическая семантика. М.: Наука, 1974, 366 с.
14. Вудс В.А. Сетевые грамматики для анализа естественных языков. - В кн.: Кибернетический сборник, вып.13.М.: Мир, 1976, с. 120-158.
15. Quillian M.R. Semantic memory. - In: Semantic Information Processing Cambridge, Mass., MIT Press, 1968, pp. 227-270.
16. Deliyanni A., Kowalski R.A. Logic and semantic networks. "Communications of ACM", 1979, 22, N 3, pp. 184-192.
17. Brachman R.J. What's in a concept: structural foundations for semantic networks. "Int. Journal of Man-Machine Studies", 1977, 9, N 2, pp. 127-152.
18. Feyock S. Transition diagram-losed CAI/HELP systems. "Int. Journal of Man-Machine Studies", 1977, 9, N 4, pp. 399-413.
19. Bruce B. Case systems for natural language. "Artificial Intelligence", 1975, 6, N 4, pp. 327-360.

KNOWLEDGE REPRESENTATION METHOD FOR  
COMPUTER ASSISTED LEARNING

M.Ozolins

S u m m a r y

An attempt to apply artificial intelligence techniques to develop computer assisted learning systems is made by this paper. The central problem in such systems is the subject-matter knowledge representation which should allow (1) to communicate with the system by natural language and (2) to display a learning process as a student current knowledge extension to fixed learning goal knowledge. The author's experience of using an extended semantic network notation for these purposes is described and these extensions are illustrated by examples from the course "Programming language PL/I".

## К ВОПРОСУ О ЛИНГВИСТИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗНАНИЙ

П.Б. Паршин

### I. Raison d'être

Складывающаяся в последнее десятилетие на пересечении философии, психологии, лингвистики, "искусственного интеллекта", вычислительной математики и теории обучения новая комплексная научная дисциплина - когнитология (см. /1-2/) унаследовала старый философский вопрос "что есть знание?", традиция рассмотрения которого в европейской науке насчитывает не одно тысячелетие и восходит, по крайней мере, к Платону. По-прежнему далекий от разрешения (ср., например, принципиально нетождественные определения в /3/ и /4/), этот вопрос в рамках когнитологии и особенно "искусственного интеллекта" формируется в гораздо более практическом, чем когда-либо ранее, аспекте. Смелые утверждения типа "заставить вычислительную машину понимать язык - это все равно, что добиться построения интеллекта вообще", "представление (знаний - П.П.), по-видимому, является ключом к построению искусственного интеллекта" /5:209, 240/, по сути дела, означают замену вопроса "что есть знание?" вопросом о том, каковы содержание и форма знаний, необходимых интеллектуальной системе для понимания (естественного) языка.

Тот факт, что собственно лингвистических знаний, фиксируемых в грамматиках и словарях, для понимания естественного языка недостаточно, в настоящее время можно считать общепризнанным. Осознание важности учета сведений, не охватываемых традиционными лингвистическими описаниями, ознаменовало в свое время конец "романтического этапа" машинного перевода; что же касается ИИ, то в нем нетождественность знания лингвистических знаков (лингвистические знания I-ЛЗ1) и знаний, обслуживающих естественноязыковое общение в различных его формах (лингвистические знания 2-ЛЗ2) довольно быстро приобрела статус одного из основных постулатов (см., например, /6/ - /7/), причем в последнее время этот постулат вносится

и в лингвистику (рамочная семантика, теория лингвистических гешталтов и т.п.). Вообще говоря, в ИИ налицо перегиб в обратную, по сравнению, например, с ранними работами по машинному переводу, сторону: при моделировании понимания преимущество отдается нелингвистическим знаниям (см. об этом /8/). Разбор причин и следствий такого подхода (так сказать, подхода "моя твоя" в противоположность подходу "глокая куздра") выходит за рамки данной работы (см., впрочем, ниже).

Поскольку дополнение ЛЗ1 дл ЛЗ2 оказывается устроенным достаточно сложным образом, различного рода таксономии знаний приобретают самостоятельную ценность.

Знания могут классифицироваться на основании самых различных параметров: они могут быть житейскими, религиозными, мифологическими и научными, старыми и новыми, важными и малозначительными, в различной степени достоверными и т.д., а также чрезвычайно разнообразными по содержанию: знать можно ширину пролива Дрейка, дипломатический протокол, факт избрания президентом США Р. Рейгана, правила поддержания диалога, украинскую ночь, настроение собеседника, дорогу на Видлу, значения слов "стул" и "палimpseст", подхват изнутри, классификацию алгонкинских языков, новую сплетню, антецедент местоимения, формулу диэтилпарафенилендиаминна и еще много всяких вещей. Не удивительно, что в литературе представлено немало различных классификаций знаний: отвлекаясь от логико-философской традиции, упомянем выполненные в рамках лингвистики и ИИ работы Р.Гамба, Е.Чарняка, Т.Винограда, Б.М. Лейкиной, Х.Я. Йима и др.

В такой ситуации всякая новая таксономия потенциально усложняет и без того не очень ясную картину, а поэтому требует обоснования и апологии. Предлагаемая ниже классификация преследует две основные цели.

Ц е л ь I. Приводимая ниже классификация по замыслу должна быть лингвистически ориентированной. В ней устанавливается нечто вроде изоморфизма между лингвистическими и нелингвистическими знаниями с целью по возможности наглядно продемонстрировать значительную неоднородность лингвистических знаний и обусловленную этим необходимость изучать их существенно различными способами. Одновременно демонстрируется возможность применения к лингвистическим знаниям тех же параметров классификации, что и к нелингвистическим, что способствует рассмотрению первых в должной перспективе (ср. /9:3/). Предлагаемая классификация связана с предпринимаемы-

ми в других работах автора (/I0/ - /I2/) попытками разоб-  
раться в явлениях, описываемых обычно в терминах "коммуника-  
тивной организации смысла" и призвана служить для них обос-  
новывающим контекстом.

Ц е л ь 2. Все параметры предлагаемой классификации неоднократно и по разным поводам обсуждались ранее, однако при этом в недостаточной степени затрагивался вопрос о соотношении параметров; мы стараемся в какой-то мере восполнить этот пробел. Следует заметить, что в когнитологии и в ИИ вообще существует достаточно прискорбная, хотя и объяснимая тенденция рядопологать самые различные виды знаний; так, например, в /I3:353-357/ под рубрикой семантических знаний объединяются знания значений лексем и синтаксических структур, концептуальные ( $\approx$  лингвистические в разбираемом ниже смысле) знания, знания о конкретных фактах и событиях ( $\approx$  различные контексты ситуации общения) и, наконец, знания типичных речевых ошибок (обсуждается понимание звучащей речи). В /I4/ в одном ряду со знанием предметной области общения и знанием стандартных речевых ситуаций рассматривается знание о конкретной ситуации общения, между тем легко показать, что принципы выделения этих безусловно необходимых видов знаний существенно различны.

## 2. Параметры

В данном разделе без подробного обсуждения перечисляются параметры классификации знаний, необходимых при естественно-языковом общении. В предварительном порядке параметры считаются независимыми. Краткое обсуждение правомочности такого подхода и его ограничений содержится в последнем разделе статьи.

2.1. К о д и р у е м о с т ь л и н г в и с т и ч е -  
с к и м и з н а к а м и. По этому параметру знания делят-  
ся на лингвистические, кодируемые элементарными и неэлементарными лингвистическими знаками, и нелингвистические. Понятие лингвистического знака считается данным и в основном соответствует тому представлению, которое принято в модели «смысл  $\Leftrightarrow$  текст» (с точностью до направления определения, что, на наш взгляд, несущественно, поскольку понятия знака и значения определяются только совместно), но для простоты игнорируется различие между элементарными и квазиэлементарными знаками, с одной стороны, и знаком (например,

морфом) и множеством дополнительно распределенных знаков (например, морфемой), с другой. Примеры лингвистических знаков: морфемы, лексемы, просодемы, словосочетания, лингвистические операции (например, значения чередования типа англ. tooth "зуб" - teeth "зубы"), синтаксические отношения. Предложение лингвистическим знаком не является (см. /15-16/). Очевидно, что определенные таким образом лингвистические знания суть не что иное, как значения.

2.2. Обусловленность знания. Знания делятся на ситуативно обусловленные, или ситуативные, и ситуативно не обусловленные, или неситуативные. Общение происходит не в вакууме, а в конкретных ситуациях общения, и без знания конкретной ситуации зачастую невозможно установить antecedent местоимения, понять метафору, настроиться на нужную глубину понимания, адекватно вести себя с точки зрения речевого этикета и т.п.

2.3. Направленность знания. Как неоднократно отмечалось различными исследователями, знания делятся на знания о мире (ниже они называются энциклопедическими или Э-знаниями) и знания о принципах человеческого общения (коммуникативные или К-знания); последним посвящены многочисленные исследования, выполненные в рамках теории речевых актов и лингвистической прагматики. Как известно /17/, различие Э- и К-знаний связано с различием двух основных функций языка: когнитивной (язык - средство познания) и коммуникативной (язык - средство общения).

В понятия энциклопедических и нелингвистических (экстралингвистических) знаний часто вкладывается один и тот же смысл. В рассматриваемой классификации, однако, Э-знания и нелингвистические знания далеко не тождественны: Э-знания могут быть лингвистическими и нелингвистическими и, наоборот, нелингвистическими могут быть как Э-, так и К-знания (см. таблицы).

2.4. Форма знания. Будем считать, что знания могут храниться в памяти (в когнитивной системе, по выражению Т. Винограда) в трех различных видах: декларативном, процедурном (процедуральном) и фреймовом (прототипическом, стереотипном). Известно /18/, что в принципе любое знание может быть представлено в любой из этих трех форм, причем вопрос об их соотношении достаточно сложен и далек от разрешения /19/; мы, однако, исходим из предположения о том, что

пелесообразно использовать все три представления, поскольку все знания тяготеют к какой-либо из трех форм. Провести на практике границу, впрочем, чрезвычайно сложно, особенно если учесть, что понятие фрейма и вводилось с целью "примирить" декларативный и процедурный подходы к проблеме представления знаний. Забегая вперед, отметим, что вообще ни одно из введенных противопоставлений не является абсолютным.

### 3. Сводная таблица

Для краткости и обзорности результаты классификации представлены ниже в виде таблицы. В формальном отношении она представляет собой матрицу с четырьмя входами, которая по техническим причинам изображается расчлененно.

Таблица заполнена примерами и ничем более; эти примеры ни в коей мере не претендуют на исчерпание всего многообразия используемых при речевом общении знаний, что связано, в первую очередь, с недостаточной и притом совершенно различной степенью их изученности. Другими словами, таблица является собой не столько классификацию принципиально возможных знаний (в смысле Л32), сколько результат попытки "разложить по полочкам" те виды Л32, которые чаще других привлекают внимание исследователей.

3.1. Я з ы к и н е - я з ы к. Как уже отмечалось, параметры классификации считаются независимыми; чисто геометрические соображения, однако, обуславливают их искусственную, внешнюю иерархизацию. В этой связи сперва рассматривается классификация знаний по первым двум параметрам. Нетрудно заметить, что они коррелируют с двумя "классическими" лингвистическими дихотомиями, "язык-действительность" и "язык-речь" соответственно. Очевидно, что наложение этих двух параметров выделяет некоторые знания как языковые и неязыковые par excellence, тогда как другие знания занимают промежуточные позиции, что и отражается в табл. I.

Таблица I

	КОДИРУЕМОСТЬ ЛИНГВИСТИЧЕСКИМИ ЗНАКАМИ	
ОУСЛОВ- ЛЕННОСТЬ ЗНАНИЙ	Лингвистические внеситуативные знания (табл.4)	Нелингвистические внеситуативные знания (Табл.2)
	Лингвистические ситуативные знания (табл.5)	Нелингвистические ситуативные знания (табл.3)

ЯЗЫК

НЕ-ЯЗЫК

Разбор видов знаний ведется от нелингвистических знаний к лингвистическим.

3.2. Внеситуативные нелингвистические знания.

Таблица 2

	Декларативные знания	Фреймовые знания	Процедурные знания
Э-знания	<p>Ширина пролива Дрейка, формула этилаграфенилендиаминсульфата, политическое устройство Абу-Даби, новая сплетня, факт избрания Р. Рейгана, классификация алгонкинских языков ..</p>	<p>Украинская ночь<sup>1</sup> генотип, штыковая атака, .....</p> <p>Дипломатический протокол, посещение ресторана<sup>3</sup>, .....</p>	<p>Подхват изнутри, дорога к грибному месту<sup>2</sup>, .....</p> <p>Принципы умозаключений</p>
К-знания	<p>Общие принципы речевого общения, "постулаты разговора"<sup>4</sup> .....</p> <p>Знание возможных категорий собеседников, набор тем для фактического общения (погода, НЛО, парапсихология), принципы этикетизации<sup>5</sup>, .....</p>	<p>Знание стандартных ситуаций общения, различного рода речевые стереотипы, ....</p>	<p>Познания в риторическом искусстве, общие приемы аргументации, демагогия, .....</p>

Примечания к таблице 2.

<sup>1</sup> Если бы знание того, что такое украинская ночь было лингвистическим и рекурсивно набиралось бы из семантики входящих в словосочетание "украинская ночь" лексем, то Н.В. Гоголю не пришлось бы многословно описывать ее, задавая тем самым не что иное, как фрейм "украинская ночь". Вообще, описания типа "X - это когда..." или "X? Представьте себе..." суть своего рода "естественные фреймы", где определение "естественный" используется в том же смысле, что в выражении "естественный язык", а под "фреймом" подразумевается не структура в памяти, а ее представление.

2 Уместно заметить, что не всегда легко провести границу, отделяющую процедурные знания от навыков.

3 Классический пример из /20/.

4 См. /21/.

5 См. /22/.

### 3.3. Ситуативные лингвистические знания.

Таблица 3

	Декларативные знания	Фреймовые знания	Процедурные знания
Э-знания	Знание предмета разговора <sup>1</sup> ..... ..... Конкретная обстановка при общении (кто где находится и т.п.) <sup>2</sup> ..... .....		Умозаключения ad hoc, ситуативные реализации процедурных знаний, ..... .....
К-знания	Знание собеседника, его настроения <sup>3</sup> , ..... ..... Знание референтов упоминаемых именных групп .. ..... Знание динамики разговора (речевой контекст) ..... Социокультурный контекст <sup>5</sup> .....	Принципы концептуальной связанности <sup>4</sup>	

Примечание к таблице 3.

<sup>1</sup> Замечательный пример комической ситуации, возникшей вследствие незнания предмета разговора, приведен в /23/: Кукурыкисы, возвращавшиеся поздно вечером в такси с заседания жюри художественной выставки и вспоминая, кого они в качестве членов жюри зарезали, а кого решили повесить, были препровождены шофером в милицию как преступники.

<sup>2</sup> Просить передать блюдо с пельменями уместно лишь в том случае, если такое блюдо имеется; соответствующую просьбу уместно обращать к тому, кто находится ближе к блюду и т.п.

3 Однажды к автору подошла незнакомая деушка, поздоровалась с ним и, когда он ответил на приветствие, стала спрашивать, развелся ли имярек. Деушка, как выяснилось, обозначалась; при этом она действовала в полном соответствии с общими принципами речевого общения, однако перепутала ситуацию: разговаривала не с тем.

4 Имеются в виду разнообразные знания, обслуживающие аппарат концептуального вывода. Так, связность текста Шести-сотграммовая граната подрагивает в дуке, сама просится. Рычаг, стремясь высвободиться, давит на пальцы все сильнее обеспечивается, помимо согласования глагольных категорий, знанием устройства ручной гранаты. Знание того, что власти обычно бывают заинтересованы в сохранении статус-кво, важно для установления antecedента местоимения "они" в тексте Городские власти отказались разрешить шествие демонстрантов, поскольку они призывали к революции (пример из /6/), а для установления antecedента местоимения "их" в тексте Ах, народ честной, честной он до поры, а как что не так - опять за топоры. Как ни масли ты их, чем ни ублажай - все равно для них тиран ты и Мамай! важно знание того, что народные массы часто бывают заинтересованы в обратном. Примеры могут быть умножены, литература вопроса колоссальна.

5 Понятие "социокультурный контекст" используется здесь в узком смысле, для отсылки к знаниям о том, как следует себя вести в конкретной ситуации в языковом плане с точки зрения культурных норм (следует ли, например, орать или говорить шепотом). Разумеется, к принципам речевого общения из таблицы 2 может быть применено понятие социокультурного контекста в широком смысле.

### 3.4. Лингвистические в не ситу а т и в н е з н а н и я .

Таблица 4

	Декларативные знания	Фреймовые знания	Процедурные знания
I	2	3	4
Э-знания	Знание терминологической лексики (типа "палимпсест").....		Некоторые естественноязыковые операторы, например, оператор противопостави-

Продолжение таблицы 4

I	2	3	4
	Знание референтов собственных имен (например, топонимов)..... ..... "Общие значения лингвистических знаков - не-шифтеров <sup>1</sup> (типа "студ", "идти", ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ ОТНОШЕНИЕ) .....		тельного ("не А, В") отрицания <sup>2</sup> . .....
К-знания	Значения глаголов-перформативов ..... ..... Значение гонорифических показателей ..... .....	Речевые формулы и клише ..... .....	Некоторые текстоорганизующие средства, типа "ятак", "следовательно" <sup>3</sup> , "а", "тоже" <sup>4</sup> ..... ..... Трансформации топикализации, дислокации, расщепления <sup>5</sup> .....

Примечания к таблице 4.

<sup>1</sup> См. /24/.

<sup>2</sup> См., в частности, /25/. Семантика оператора противоположительного отрицания постоянна во всех случаях, тогда как семантика оператора субстанционального отрицания зависит от специфики отрицаемого понятия и, в конечном итоге, от ситуации, с чем связаны многочисленные капризы субстанционального отрицания.

<sup>3</sup> См. /26/.<sup>4</sup> См., в частности, /27/.<sup>5</sup> См., в частности, /II/ - /I2/.

### 3.5. Лингвистические ситуативные знания.

Таблица 5.

	Декларативные знания	Фреймовые знания	Процедурные знания
Э-знания	Контекстные реализации значений лингвистических знаков - не-шифтеров ..... Значения лингвистических знаков - шифтеров (пространственный и временной дейксис) .....		Оператор субстанционального (нейтрального) отрицания .....
К-знания	Значения лингвистических знаков - шифтеров (лицо, наклонение) ..... Статусы компонентов предложения <sup>I</sup>	Конкретные реализации речевых формул (ср. "Здравствуйте") "Добрый день" "Привет" (Здравия желая)....	Анафорические средства .....

Примечание в таблице 5.

<sup>I</sup> Подробнее см. /12/. Вопрос о том, в какой форме целесообразно описывать семантику статусов (определенность, данность), дискуссионен и требует отдельного рассмотрения.

#### 4. Онтология противопоставления и соотношение параметров

Приведенная таблица показывает, что представление четырех выделенных параметров как независимых обладает определенной описательной и, хочется думать, объяснительной адекватностью. Более подробное рассмотрение организующих токсонимии параметров показывает, однако, что такое представление нуждается в некоторых комментариях.

Вопрос о разграничении лингвистических и нелингвистических знаний в практическом плане равнозначен вопросу о значении лингвистического знака. Определить, где кончается лингвистическое значение и начинается "концептуальная свита" его - задача, как известно, чрезвычайно трудная и едва ли

поддающаяся однозначному решению. Приведем два весьма разнородных (см. сводную таблицу) примера. Первый принадлежит Х.Я. Нйму /17/: входит ли знание того, что у паука четыре пары ног (а не, скажем, две, три или пять) в значение слова "паук" или это лингвистическое знание об арахнидах? Второй пример более подробно разбирается нами в /12/: кодируют ли формальные средства выделения некоторой именной группы как топика (типа японск. *wa*) знание о предупомнутости, данности, определенности этой именной группы? Попытки ответить на подобного рода вопросы демонстрируют глубокую связь рассматриваемых параметров. А именно, наиболее разумным кажется ответ в духе теории размытых множеств /28/ и семантики прототипов /19/, с одной стороны, и концепции подъязыгов /29/, с другой.

Так, в обыденном подъязыке современного русского литературного языка знание о том, что у хелицеровых именно 8 ног, тогда как, например, у насекомых - 6, явно лингвистично и в поддержку этого можно привести немало аргументов. Параметр "количество ног" во фрейме "паук" специфицирован, видимо, в количестве 3-6 пар, а опознание паука производится по иным параметрам - в первую очередь, по резко противопоставленным головогрудки и брюшке, специфической нерасчлененной форме и значительным размерам последнего, по повадкам, по паутине. Можно утверждать, что при выполнении соответствующих требований пауку позволительно "ограничиться" даже четырьмя ногами (ср. известное уподобление свастики пауку). Таким образом, с точки зрения обыденного подъязыка на рис. 1-4 изображены пауки, а на рис. 5-6 - муравьи *Mutgesium* (на самом деле на рис. 6 представлен мирмекофильный паук *Mutgesium gonelli* - яркое свидетельство того, что вопрос о точном числе паучьих ног не столь уж релевантен не только для человека).

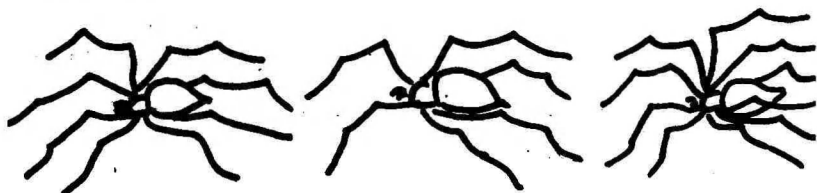


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

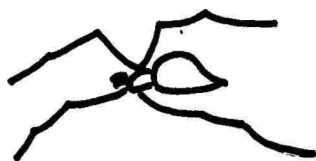


Рис. 4

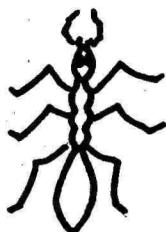


Рис. 5

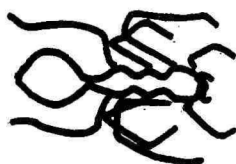


Рис. 6

С другой стороны, в подъязыке арапнеологии знание о количестве ног у пауков явно лингвистично, и назвать пауком членистоногих, изображенных на рис. 2-4, столь же неверно, как и "героя" рис. 6. Достаточно естественно предположить при этом, что значение слова "паук" представлено в сознании арапнеолога скорее в декларативном, нежели во фреймовом виде.

Очевидно, что понятие подъязыка в пределе может быть доведено до идиолекта и даже до конкретного акта речи. Знания, лингвистические в одном подъязыке могут не являться таковыми в другом; заметим в этой связи, что многие семантические изменения (метафорические переносы и т.д.) естественно описывать в терминах "игры" лингвистических и нелингвистических знаний. Таким образом, три из четырех параметров классификации увязываются в единый узел. К аналогичному выводу приводит и рассмотрение второго из упомянутых выше примеров. Как мы пытались показать в /12/, семантика топика не содержит сведений о предупомянутости, данности и определенности топикальной именной группы — эти сведения представляют собой нелингвистический довесок к представленным в процедурной форме сведениям, которые, собственно, и кодируются формальными средствами топикализации. Сведения эти, однако (они иерархизованы, см. /12/), обнаруживают высокую степень корреляции с процедурными нелингвистическими знаниями, что ведет к превращению их сперва во фреймовые, а затем и в декларативные лингвистические знания, в результате чего показатель топика может превратиться в показатель темы или в дефинитизатор.

Несколько особняком стоит третий параметр классификации — противопоставление Э- и К-знаний. Можно показать, однако, что и оно устроено принципиально сходным с другими оппозициями, организующими предложенную таксономию, образом. Это

Позволяет сделать следующий вывод. Все четыре оппозиции, используемые выше, могут рассматриваться как проявления некоторой глобальной дихотомии, для которой даже наиболее широкие дихотомии, принятые в лингвистике ("язык-действительность", "язык-речь"), являются чересчур частными – впрочем, в эти дихотомии может вкладываться и вкладывался различный смысл. В сущности, именно эта дихотомия под не очень удачным заглавием "синтаксис *US*. дискурс" весьма убедительно обсуждается в /30/ и других статьях из того же сборника; очевидно также, что именно с ней соотносятся упомянутые выше подходы "моя твоя" и "глокая куздра". Выделенные оппозиции связаны с различными аспектами этой глобальной дихотомии. Отсюда – их относительная автономность, позволяющая использовать их как независимые параметры при классификации знаний, и отсюда же – глубинное родство всех четырех противопоставлений.

#### Л и т е р а т у р а

- I. Representation and Understanding: studies in cognitive science, ed. by D. Bobrow and A. Collin, N.Y.a.o., 1975.
2. В.А. Звегинцев. Проблема взаимоотношения языка и мышления и НТР. – Вопросы философии, 1977, № 4.
3. Советский энциклопедический словарь. М., 1979.
4. Философский словарь /Под ред. И.Т. Фролова. М., 1980.
5. П. Уинстон. Искусственный интеллект. М., 1980.
6. Т. Виноград. Программа, понимающая естественный язык. М., 1976.
7. Р. Шенк. Обработка концептуальной информации. М., 1980.
8. С.М. Шевенко. Принципиальные ограничения систем понимания естественного языка. – В кн.: Семантические вопросы искусственного интеллекта. Киев, 1977.
9. От редакции. – Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып.472. Труды по искусственному интеллекту. I, Тарту, 1978.
10. П.Б. Паршин. О статусе одной лингвистической оппозиции. – В сб.: Всесоюзная школа молодых востоковедов. /Тезисы. Том. I. М., 1980.
- II. П.Б. Паршин. Топик и "тоже": границы и интерпретация одной лингвистической оппозиции (в печати).
12. П.Б. Паршин. Тема и топик: к соотношению понятий (в печати).

13. B. Nash. Webber. The role of semantics and automatic speech understanding. - In: /1/.
14. Т. Виноград. Об одном подходе к изучению дискурса. - В кн.: Взаимодействие с ЭВМ на естественном языке. Новосибирск, 1978.
15. Э. Бенвенист. Уровни лингвистического анализа. - В кн.: Э. Бенвенист. Общая лингвистика, М., 1974.
16. В.А. Звегинцев. Предложение и его отношение к языку и речи. М., 1976.
17. Х.Я. Нйм. Язык, значения и знания. - Уч. зап. /Тартуский гос. ун-т, вып. 519. Труды по искусственному интеллекту, 2. Тарту, 1980.
18. Т. Winograd, Frame representation and the declarative-procedural controversy. - In: /1/.
19. Т. Winograd. Towards a procedural understanding of semantics. In: Revue International de Philosophie, 1976, 117-110.
20. R.C. Schank, R.P. Abelson. Scripts, Plans, Goals and Understanding, 1977.
21. W.P. Grise. Logic and conversation. - In: Syntax and Semantics, vol. 3, N.Y. a. o., 1975.
22. Г.Г. Почепцов (мл.). Семантический анализ этикетизации общения. - Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып. 519. Труды по искусственному интеллекту, 2. Тарту, 1980.
23. Б.М. Лейкина. К проблеме взаимодействия языковых и неязыковых знаний при осмыслении речи. - В сб.: Лингвистические проблемы функционального моделирования речевой деятельности, вып. 2. Л., 1974.
24. Р. Якобсон. Шифтеры, глагольные категории и русский глагол. - В кн.: Принципы типологического анализа языков различного строя. М., 1972.
25. И.М. Богуславский. О соотношении семантических и синтаксических свойств некоторых ограничительных частиц в русском языке. Канд. дисс. М., 1979.
26. А. Вежицка. Метатекст в тексте. - В сб.: Новое в зарубежной лингвистике, вып. УШ. М., 1978.
27. Г.Е. Крейдлин, Е.В. Падучева. Значение и синтаксические свойства союза "а"; Взаимодействие ассоциативных связей и актуального членения в предложениях с союзом "а". - НТИ, сер. 2, 1974, № 9-10.

28. Л. Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М., 1976.
29. Б.Ю. Городецкий и др. Методы семантического исследования ограниченного подъязыка. М., 1971.
30. T. Grvón. From discourse to syntax: grammar as a processing strategy. - In: Syntax and Semantics, vol. 12, N.Y. a. o., 1979.

TOWARD A LINGUISTICALLY ORIENTED  
CLASSIFICATION OF KNOWLEDGE

P. Parshin

S u m m a r y

A possible approach to the problem of knowledge representation and, in particular, knowledge classification is presented. In the framework of linguistically oriented classification relations of linguistic and extralinguistic knowledge are discussed; in this connection relevance is claimed of the notion of sub-languages. Problems of cytology are considered, as far as possible, in linguistic perspective, and vice versa. The following allegedly independent parameters of classification are suggested: c o d a b i - l i t y b y l i n g u i s t i c s i g n s (in the stage of meaning-text grammar), (situational) c o n d i - t i o n a l i t y, d i r e c t i o n a l i t y (knowledge about the world vs. knowledge about human communication), and f o r m (approximately in the spirit of procedural-declarative controversy). Both linguistic and extralinguistic examples of various kinds of knowledge are presented and partially discussed. Finally the problem of possible interdependencies between the parametres and their relations to "classical" linguistic dichotomies (language vs. speech, language vs. reality, syntax vs. discourse) is touched upon.

## ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СЛОВАРЕЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.В. Преображенский

В настоящей работе рассматривается система представления знаний, используемая в основе построения комплекса словарей лингвистического процессора (ЛП) АИСТ, сопряженного с информационной системой ДИСОД-Е /1/. ЛП АИСТ строится на базе модулей вопросно-ответной системы ПОЭТ /2/, модифицированных с учетом функционирования во взаимодействии с системой управления базой данных.

ЛП АИСТ предназначен для перевода текстов (запросов и сообщений) с языка общения на внутренний язык информационной системы, который может рассматриваться как язык манипулирования данными высокого уровня и замкнутого типа. Язык общения имеет две формы: текстовую и анкетную, причем конкретный вид форматов анкетной формы языка может варьироваться в широких пределах. Обе формы языка общения предоставляют широкие возможности использования естественных языковых конструкций и не требуют от пользователя знания логической структуры базы данных, сопряженной с информационной системой, и системы представления информации в базе данных.

В ходе обработки выражений языка общения ЛП АИСТ производит морфологический, синтаксический и семантический анализ, а также семантическую интерпретацию. Очередность выполнения синтаксического и семантического анализа диктуется значениями ряда параметров, получаемыми в процессе работы. Выполнение этих этапов осуществляется программными средствами ЛП АИСТ с использованием информационного обеспечения (ИО). На структуру и состав ИО оказало большое влияние стремление соблюсти принцип независимости программных средств от особенностей конкретной предметной области, логической структуры базы данных, а также обеспечить простоту и технологичность его создания и ведения.

Таким образом, в информационном обеспечении сосредоточена большая часть знаний ЛП АИСТ, используемых им для преобразования входных текстов в выражения языка сопряженной с

ним информационной системы. Эти знания включают сведения о языке общения, предметной области, логической структуре базы данных и языке информационной системы, являющейся надстройкой над системой управления базой данных.

Основой системы представления знаний в рамках ИО ЛП АИСТ являются структуры данных, содержательно соответствующие так называемым фреймам, нашедшим широкое применение в системах искусственного интеллекта /3/.

Формально, используемые в ЛП АИСТ фреймы могут быть определены следующим образом:

$\langle \text{фрейм} \rangle ::= \langle \text{имя фрейма} \rangle \langle \text{спецификации} \rangle$   
 $\langle \text{спецификации} \rangle ::= \langle \text{спецификация} \rangle \mid \langle \text{спецификация} \rangle \langle \text{спецификации} \rangle$   
 $\langle \text{спецификация} \rangle ::= \langle \text{класс} \rangle \mid \langle \text{слот} \rangle$   
 $\langle \text{класс} \rangle ::= \langle \text{имя класса} \rangle \langle \text{тип} \rangle \langle \text{спецификации} \rangle$   
 $\langle \text{слот} \rangle ::= \langle \text{имя слота} \rangle \langle \text{описатели} \rangle \langle \text{указатели} \rangle$

Базовым понятием в определении фрейма является слот, который трактуется как элементарная, логически неделимая единица данных, используемая для представления свойств объектов реального мира. Описатели характеризуют возможные значения слота. Заметим, что получение слотами значений приводит к образованию так называемых экземпляров данного фрейма. Важнейшими из описателей являются: описатель множественности, применяемый в случаях, когда слот в одном и том же экземпляре может содержать множество значений, между которыми предполагается связка ИЛИ, описатель типа значения слота (алфавитно-цифровой, битовый, число с фиксированной или плавающей точкой, упакованное или неупакованное десятиричное число) и описатель длины, указывающий максимально возможную длину значения слота.

Указатели, являясь по существу функциями, присоединяемыми к фреймам, позволяют подключать при образовании экземпляров фреймов программные средства автоматизированного ведения ИО ЛП АИСТ. Каждый указатель состоит из заголовка и тела. Заголовок определяет функцию, которая должна срабатывать в моменты получения слотом значения или при необходимости получения значения, а тело задает параметры программе, соответствующей этой функции. При помощи указателей можно задавать условия, при которых данный слот должен получить значение, возможные способы получения значения, а также действия, выполняемые после получения слотом значения. Например, в качестве значения (при определенных в теле указателя условиях)

может быть взято значение некоторого слота из другого экземпляра этого же или другого фрейма, а одним из широко применяемых действий, которое выполняется после получения слотом значения, является проверка этого значения на вхождение в определенное множество (при условии, что некоторые другие слоты данного экземпляра имеют определенные значения).

Под классом понимается именованная совокупность слотов и возможно других классов. При этом тип класса, подобно описателю множественности слота, определяет, является ли класс простым или повторяющимся. В последнем случае в экземпляре фрейма повторяющемуся классу соответствует несколько наборов значений составляющих класс слотов и между этими наборами предполагается связка ИЛИ.

ИО ЛП АИСТ составляют словари, статьями которых являются экземпляры соответствующих словарям фреймов. Под экземпляром фрейма понимается структура данных, полученная в результате присвоения всем или некоторым слотам значений. Таким образом:

$\langle \text{словарь} \rangle ::= \langle \text{имя словаря} \rangle \langle \text{статья} \rangle$   
 $\langle \text{статья} \rangle ::= \langle \text{статья} \rangle | \langle \text{статья} \rangle \langle \text{статья} \rangle$   
 $\langle \text{статья} \rangle ::= \langle \text{системный номер} \rangle \langle \text{имя фрейма} \rangle \langle \text{поля} \rangle$   
 $\langle \text{поля} \rangle ::= \langle \text{поле} \rangle | \langle \text{поле} \rangle \langle \text{поля} \rangle$   
 $\langle \text{поле} \rangle ::= \langle \text{имя слота} \rangle \langle \text{значение слота} \rangle | \langle \text{имя слота} \rangle$

Основную часть ИО ЛП АИСТ составляют три словаря: ЛКС, МПО и МБД, содержащие соответственно сведения о лексике языка общения, модели предметной области и модели базы данных.

Словарь ЛКС определяется фреймом, укрупненная схема которого показана на рис. 1. Рассмотрим назначение его основных спецификаций. Значениями множественного слота "основатель" (ОКЛ) являются варианты основ слов языка общения либо системные номера словосочетаний, образованных словами языка общения. Класс "морфологическая информация" состоит из ряда слотов, порядок заполнения которых в процессе получения экземпляров данного фрейма определяется значениями таких слотов, как ЧАР - часть речи, СГФ - признак неизменяемости слова, УСС - признак участия слова в словосочетании и ЧГС - части речи главного слова словосочетания. Заполняемые слоты для основных частей речи и для словосочетания показаны на схеме, приведенной на рис. 2, где использованы следующие обозначения: МОТ - номер морфологического типа, определяющий парадигму склонения имени существительного по всем падежам и

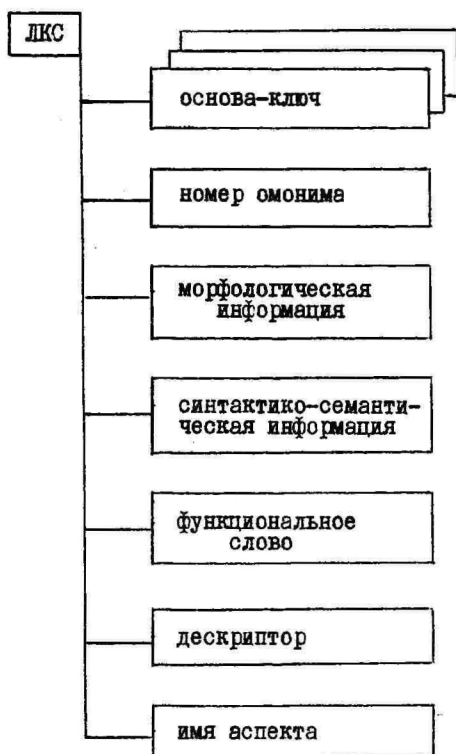


Рис. I. Схема фрейма ЛКС

числам, РОД - род, ЧСЛ - число, ОДШ - одушевленность, ПАД - падеж, СУБ - субстантивированность, АКТ - активность, ВРМ - время, КСС - количество словосочетаний, начинающихся с данного слова, КЛЮ - системный номер словосочетания, НОМ - номер омонима, КСЛ - количество слов в словосочетании, ГЛС - главное слово словосочетания, ОСЛ - основа первого слова словосочетания, ОС<sub>n</sub> - основа *n*-го слова словосочетания.

В следующей спецификации "синтактико-семантическая информация" значение слота "тип структуры" (ТСТ) определяет набор остальных слотов, заполняемых при получении экземпляра фрейма. Основными типами структуры являются: слово с моделью управления (СМУ), слово без модели управления (БМУ) и предлог (ПРЕ). Для слов с моделью управления заполняются слоты:

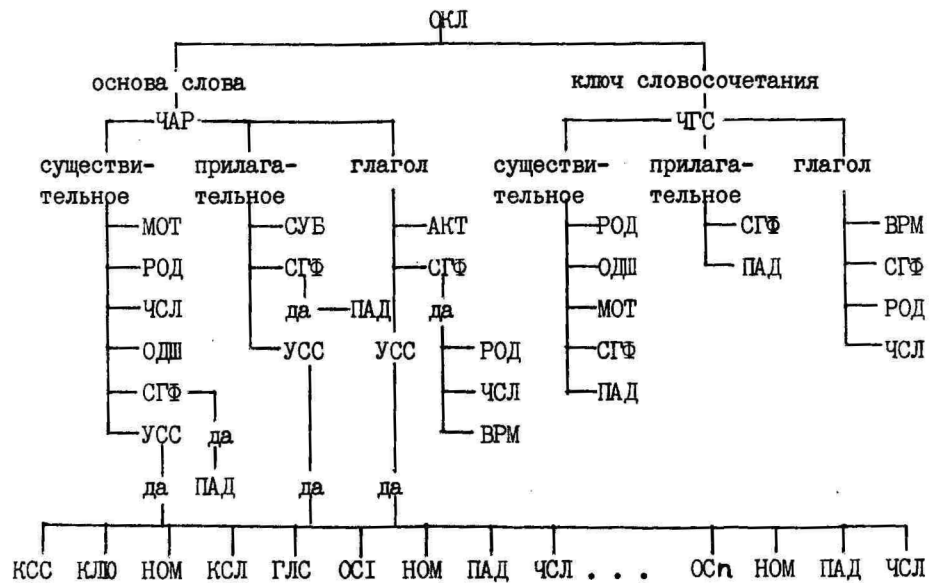


Рис. 2. Схема заполнения слотов в экземплярах фрейма ЛКС

ТСЛ - тип слова (действие, состояние, функция и т.д.), ЭЛГ - наличие залоговой формы, а также множественный класс МДУ - модель управления. При этом каждый набор значений слотов, составляющих этот класс, описывает один актант модели управления. В класс МДУ входят следующие множественные слоты: МИА - морфологическая информация слова, требуемая данным актантом, СМК - семантическая категория слова, требуемая данным актантом, и СМП - семантический падеж, которому соответствует данный актант.

Для слов без модели управления заполняются слоты: ТСЛ - тип слова (понятие, имя, характеристика, единица измерения и т.д.), ВСК - множественный слот, значением которого является множество семантических категорий данного слова, ДСК - доминантная семантическая категория, СКХ - семантическая категория "хозяйина" и СКС - семантическая категория "слуги".

Для предлогов заполняются: ПСУ - падеж существительного, управляемого данным предлогом, СКХ и СКС (так же как и для слов без модели управления), а также ОБС и ОПР - число семантических падежей, на которые могут быть заменены обстоятельственные и определительные отношения соответственно.

Таким образом, рассмотренные выше слоты экземпляров фрейма ЛКС содержат информацию, используемую программными средствами ЛП АИСТ для проведения морфологического и синтаксико-семантического анализа языка общения. В результате этих процессов во входном выражении устанавливаются связи между лексемами, соответствующими функциональным словам (операторы, связки и т.д.), именам аспектов (доменов) базы данных и ключевым словам, то есть словам и словосочетаниям, которые рассматриваются как значения этих аспектов. Последние три слота, имеющие сокращенные имена ФСЛ, ИМА и ДСК, служат для устранения синонимии на уровне слов и словосочетаний, представляющих соответственно функциональные слова, имена аспектов и их значения.

Рассмотрение фрейма ЛКС показывает, что информация, содержащаяся в определяемом им словаре, используется в основном для анализа входных выражений, то есть перевода их в каноническое внутреннее представление, не зависящее от логической структуры базы данных и системы представления информации о предметной области в базе данных. Перевод канонического внутреннего представления в выражения языка информационной системы, с которой сопряжен ЛП АИСТ, осуществляется на основе информации, содержащейся в остальных двух словарях,

определяемых фреймами МБД и МПО соответственно.

Укрупненные схемы фреймов, экземпляры которых образуют статьи словарей МБД и МПО, представлены на рис. 3. Рассмотр-

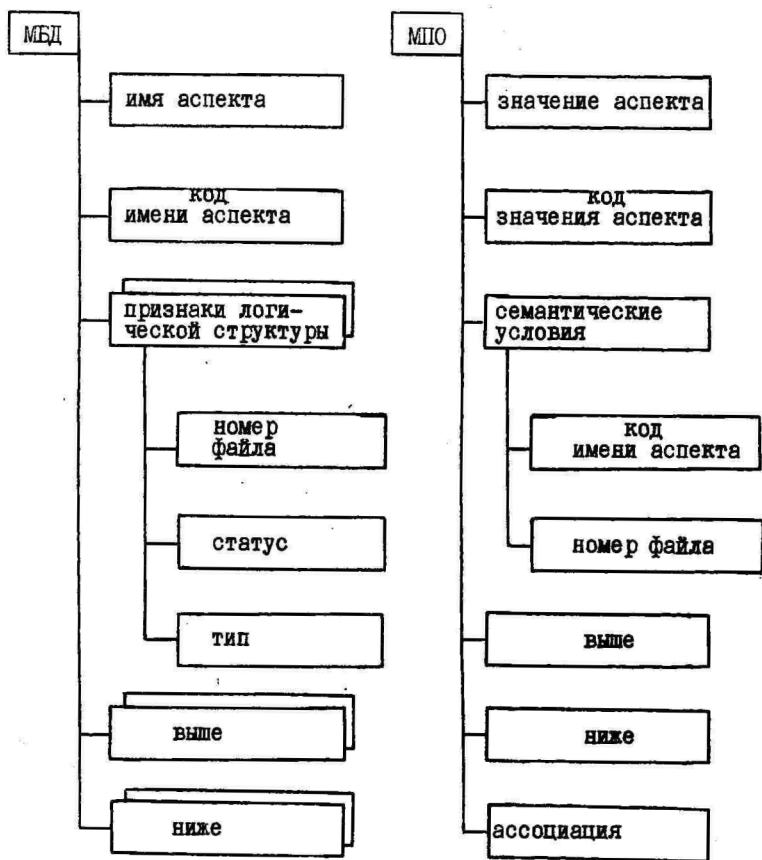


Рис. 3. Схемы фреймов МБД и МПО

рим кратко их основные спецификации.

Экземпляры фрейма МБД строятся для всех содержательно отличающихся друг от друга аспектов (доменов) и именованных совокупностей аспектов (групп) базы данных. При этом значением слота "код имени" является системное имя аспекта, а значениями слотов, составляющих множественный класс "признаки", являются: номера файлов базы данных, содержащих данный аспект или группу, информация о том, является ли данный ас-

пект поисковым в данном файле (значение слота "статус"), и сведения о системе представления значений данного аспекта в базе данных. Значения множественных слотов "выше" и "ниже" позволяют рассматривать данный аспект как группу или как содержащийся в некоторой группе.

Экземпляры фрейма МПО строятся для каждого дескриптора, соответствующего классу синонимичных (в данной предметной области) слов и словосочетаний, и употребляемого в языке общения в качестве значения аспекта. Поэтому всем отличающимся друг от друга значениям слота ДСК в экземплярах фрейма ЛКС соответствуют экземпляры фрейма МПО. Для кодируемых дескрипторов заполняется слот "код значения". Значениями множественного класса "семантические условия" являются пары, содержащие номер файла и системное имя аспекта, значением которого может являться данный дескриптор. Множественные слоты "выше", "ниже" и "ассоциация" позволяют отражать в словаре МПО классификационные и тезаурусные отношения, используемые ЛП АИСТ при расширении или сужении поисковой области запросов.

Реализация ИО ЛП АИСТ осуществлялась в рамках системы ДИСОД-Е в виде совокупности взаимосвязанных файлов базы данных, записи которых содержательно соответствуют экземплярам рассмотренных выше фреймов. Это позволило использовать язык общения (в анкетной форме), реализуемый ЛП АИСТ, для создания и ведения словарей. При этом на экран дисплея вызывается макет ввода или обновления и после его заполнения пользователем программные средства осуществляют коррекцию соответствующего словаря. Макет имеет вид списка, элементами которого являются пары, состоящие из имени слота и свободного поля для заполнения отсутствующего значения или значения слота, подлежащего корректировке. После ввода в систему заполненный макет подвергается обработке, причем выполняемые над каждым значением слота действия определяются указателями данного слота, содержащимися в соответствующем фрейме. Таким образом, задавая тот или иной набор указателей в слотах фреймов, можно задавать любой (в рамках реализованных в системе указателей) уровень автоматизации создания и ведения словарей. В заключение приведем список реализованных в настоящее время указателей:

СНЕК - в заданных экземплярах данного фрейма осуществляется проверка принадлежности значения слота к заданному списку;

- CRTE - при заполнении данного слота образуется экземпляр заданного фрейма с заданными значениями некоторых слотов;
- DEFV - значение данного слота в определенных экземплярах принимается по умолчанию;
- GETV - значение данного слота принимается из заданного слота определенного экземпляра фрейма;
- ASKV - в заданных экземплярах генерируется запрос к пользователю относительно значения данного слота.

### Л и т е р а т у р а

1. Гуков Л.И., Ломако Е.И., Попов Э.В., Преображенский А.Б. Информационная система со средствами общения на формализованном и естественном языках. - Труды I Всесоюзной конференции по банкам данных. Тбилиси, 1980. Т.3, с. III-II6.
2. Попов Э.В. Система взаимодействия с ЭВМ на ограниченном русском языке.-Программирование, 1978, № 4.
3. Брябрян В.М. Структурное описание как основа семантической интерпретации естественно-языковых текстов. - В сб.: Взаимодействие с ЭВМ на естественном языке. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1978.

### THE PRINCIPLES OF NATURAL LANGUAGE SYSTEM DICTIONARY STRUCTURE

A. Preobradgensky  
S u m m a r y

The paper describes the dictionary structure of AIST system which is designed for carrying out Russian language interface with commercial data base management system. The main principles of dictionary structure elaboration are intended to provide convenient data maintenance and access with very large vocabulary.

## О КОГИТОЛОГИИ

И.Я. Сильдмяэ

Направление в науке под названием "Искусственный интеллект" получило широкое распространение. Им занимаются математики, логики, лингвисты, кибернетики, психологи. Накопилось большое количество научного материала, который позволяет сделать определенные выводы и обобщения. Выясняется, что при создании систем искусственного интеллекта одной из труднейших проблем является проблема представления знаний, поступающих на естественном языке, и оперирование ими. Все попытки решить эту задачу с помощью методов и категорий традиционных отраслей науки не дали желаемых результатов. Становится ясным, что язык и представление знаний необходимо рассмотреть в системах ИИ в более тесной связи с сознанием. В советской научной литературе (1. стр. 28; 2. стр. 212) это направление стали называть когитологией (от латинского *cogitare* - мыслить). Ученые США употребляют термин *cognitive science* (наука о познании). Разница не только в используемом термине, но и в том содержании, которое в него вкладывают с точки зрения познания и сознания.

(I) Объектом когитологии являются знания, их формирование, организация и оперирование ими. Знания являются самостоятельным аспектом реальности, так же как и другие аспекты реальности, исследуемые психологией, физиологией, неврологией, молекулярной биологией, генетикой.

Знание, как самостоятельный аспект реальности, предполагает для его изложения наличие своих категорий и метода исследования. Категории других отраслей наук не подходят для изучения знаний, так как они выражают другие аспекты реальности точно так же, как, например, химические категории не подходят для объяснения физических явлений или физиологические категории - для объяснения психологических явлений. Этим объясняется недостаточная эффективность попыток представить знания и мышление в системах ИИ при помощи лингвистических, семантических и других категорий.

Категории когнитологии выражают формирование знаний, их организацию и оперирование ими. При этом центральными являются категории, которые выражают познавательные связи (роли) между объектами познания, лежащие в основе познавательных структур.

(2) Знания образуются как результат понимания информации, поступающей в систему, и фиксируются в памяти.

Мы предполагаем, что понимание поступающей информации основывается на единстве дискретности и непрерывности. Выделение сходных объектов является основой для образования их значений. А связи между этими объектами добавляют к значению непрерывность, что является основой образования мысли. На этих связях построен естественный язык и другие знаковые системы. В естественном языке одни знаки - слова - обозначают познаваемые объекты, а другие знаки (прежде всего грамматические) - познавательные связи. С помощью знаков первого и второго вида образуют то, что называется мыслью. Мысль является познавательной структурой, где каждое слово со своим значением находится в познавательной связи (связях) с другими словами. Эта познавательная связь добавляет к значению слова смысл его использования (3, стр. 53).

Мы предполагаем, что понимание языкового текста представляет собой воссоздание познавательной структуры данного текста. Полученные на основе этого понимания знания представлены такими же познавательными структурами.

У других знаковых систем свои объекты и связи между ними, из которых складываются те познавательные структуры, которыми эти знаковые системы оперируют и из которых образуются соответствующие знания. Когнитология, как общая теория знаний (мышления), должна заниматься не только естественным языком, но и другими, прежде всего математическими знаковыми системами в аспекте знаний.

(3) Познавательные связи можно разделить на пять групп. Прежде всего - это связи, на основе которых образуются объекты, а из объектов - ситуации. Это связи между частью и целым, между признаком и целым, между движущимся объектом и движением, связи, в основе которых лежит множество, связи, в основе которых лежит количество; связь между признаком части и частью, связь между признаком признака и самим признаком, связь между признаком движения и самим движением и т.д. Такие связи дают нам первоначально чувственное познание, состоящее из различных ощущений. Например, узнав какую-либо

часть или признак, мы знаем, что представляет собой целое, и наоборот.

Связи между родом и видом основаны на сходстве отдельно-го в рамках общего. Это сходство фиксируется нашими чувствами, создавая предпосылки для классификации объектов на основе родо-видовых связей. Такую классификацию осуществляет наше сознание соответственно росту наших знаний.

В т о р у ю г р у п п у составляют пространственные и временные связи между объектами познания. Они принимаются чувственным познанием и выражаются в естественном языке. Память же обеспечивает пространственную и временную ассоциативность.

Т р е т ь ю г р у п п у образуют познавательные связи, возникающие при движении, деятельности. В зависимости от характера деятельности, с нею могут быть связаны разные участники, каждый в своей роли. Одним из важнейших этапов развития познания деятельности было понимание роли средства. Это заложило основу труда и социального устройства жизни людей.

Наши чувства способны фиксировать последовательность действий во времени, но они "не видят" причинной связи. Вследствие этого люди длительное время принимали временные ряды явлений за причинную связь. Большим открытием познания явилось различие временной и действительной причинной связи, понимание того, что "post hoc non propter hoc".

Очень существенным является установление связи с условиями реализации движения. Средневековая алхимия со своим стремлением достигнуть желаемого результата путем изменения условий является одной из иллюстраций применения такого понимания.

Самым последним шагом в понимании цепи причинных связей движения является более глубокое понимание двустороннего характера познавательных связей - обратной связи (кибернетика).

Познавательные связи, встречающиеся при движении, деятельности, проявляются в качестве ролей участников, которые составляют познавательную структуру. Это следующие роли: ПРИЧИНА - ДЕЙСТВУЮЩИЙ - СРЕДСТВО - ОБЪЕКТ - ПРИНИМАЮЩИЙ. УСЛОВИЕ - ИСТОЧНИК - МЕСТО - ВРЕМЯ - РЕЗУЛЬТАТ - ЦЕЛЬ. Эти роли выражают многосторонность связей. Например, СРЕДСТВО находится в определенной связи с действующим, и совсем в другой связи - с ОБЪЕКТОМ, в третьей связи - с УСЛОВИЯМИ и т.д.

Четвертую группу составляют связи, возникающие из отношения познающего субъекта к объектам познания. В таком отношении проявляется сознание познающего субъекта, активная сторона его интеллекта.

У животных основы отношения к окружающему — чисто биологические, вытекающие из биологических потребностей. Человек уже не является непосредственным потребителем даров природы, а относится к окружающему как создатель, творец. Этому процессу сопутствует образование социального образа жизни и отношение к природной и социальной среде на основе социальных критериев.

Отношение к внешнему миру создает новый вид познавательной связи, одной стороной которой является познающий субъект со своим интеллектом, а другой стороной — какой-либо объект познания. Таким образом, к познавательной структуре внешнего мира добавляется активный компонент, выражающий сознание познающего. Образуется структура знаний, мышления, которая объединяет познание и сознание. Исходя из этого, было бы правильнее использовать понятие "когитология", т.е. наука о мышлении, содержащая как познание, так и сознание, а не cognitive science — наука познания.

Сознание направляет мышление и реализуется через действия, которые создают различные цепи причинных связей между человеком и его природным и социальным окружением. Но все это человек сознает и понимает в виде познавательных структур.

Пятую группу составляют связи между количествами. Человек начинает их понимать сравнительно поздно. Но это понимание развилось настолько, что образовало самостоятельное (математическое) направление знаний.

Что касается происхождения познавательных связей, то они существуют в реальности, и при чувственном познании человек воспринимает многие из них физиологическим путем. В работе "Элементы мысли" Н.М. Сеченов писал: "Всякий внешний предмет или явление фиксируется в памяти и воспроизводится в сознании в трех главных направлениях: как член пространственной группы, как член преемственного ряда и как член сходственного ряда" (3. стр. 138). В этом аспекте познавательные связи носят "врожденный" характер. Но понимание и использование их человеком зависит от степени развития его сознания.

При создании систем ИИ необходимо объединить восприятие внешнего мира с отношением к нему. Только тогда будет оправ-

дано использование термина искусственный интеллект.

(4) Средства выражения познавательных связей в естественном языке различны.

Прежде всего — это грамматика. Задачей грамматики является выражение познавательной роли слов в предложении (в тексте). При этом используются два основных способа: использование флексии и использования порядка слов в предложении. (В одних языках используется больше первый, в других — второй способ). Грамматическая форма слова и место его в предложении определяют, в какой познавательной связи находится это слово с другим (другими) словом (словами).

Использование двойной системы для определения познавательной роли слов положительно в том смысле, что это позволяет быстрее определять роли, производить взаимный контроль, исправлять имеющиеся ошибки, позволяет понимать грамматически неправильное предложение, а также понимать предложение, в котором имеются слова с неизвестным значением.

Для определения некоторых связей (ролей) язык использует специальные слова, выражающие эту связь. Так, например, пространственные и временные связи обозначаются словами: рядом, наверху, сзади; раньше, позже и т.д. В этом случае объекты и явления, которые эти слова объединяют в предложении, находятся в соответствующих пространственных и временных познавательных ролях. Для обозначения временных связей языки используют и грамматические формы времени — прошедшее, настоящее, будущее. Они помогают нам понять преемственные ряды. Одно явление выступает в отношении других в качестве определителя времени.

Связи, возникающие на основе отношения субъекта к объектам (субъектам) выражаются соответствующими словами, содержащими это отношение. Это отношение и является значением данных слов. Отношение может проявляться как оценка какого-либо объекта (субъекта): красивый, некрасивый, плохой, злой, честный, полезный и т.д., или как выражение собственного отношения: любить, ненавидеть, заботиться и т.д. Язык с помощью грамматических средств не делает различия между объективными признаками самих объектов и присваиваемыми им оценками — признаками. Вследствие этого их дифференциация всегда доставляла людям большие затруднения и часто они склонны были считать данную оценку объективным признаком самого объекта.

Еще одним способом выражения отношения является повелительное, изъявительное и условное наклонение.

Различные языки используют для выражения познавательных структур различные языковые средства. В этом выражаются их особенности. Сама же образуемая познавательная структура во всех языках одинакова и состоит из одних и тех же познавательных связей, ролей.

В математических знаковых системах для выражения различных связей между количествами имеются знаки математических действий. В естественном языке эти связи выражаются разными словами, которые "содержат" в скрытой форме эти действия. Это позволяет осуществить перевод с естественного языка в математические знаковые системы и обратно.

(5) Благодаря такому построению естественного языка из предложений можно составлять их познавательные структуры непосредственно на основе форм слова, порядка слов, выражающих связи слов и т.д. При этом для выражения познавательной структуры нельзя использовать морфологические, синтаксические и семантические категории, так как все они отличаются от познавательных категорий, на которых основана познавательная структура.

Все, что имеется в предложении для характеристики одного объекта, составляет ДАТУМ, а входящие в него слова находятся во внутридатумных ролях ( $r$ ). В свою очередь, датымы связаны между собой в предложении, что выражается в междатумных ролях ( $R$ ). Так образуется смысл предложения, объединяющий в себе значение слов и датумов и соответствующие познавательные связи.

Связанные тексты представляют собой такие же познавательные структуры и основаны на тех же познавательных связях, которые наблюдаются при словах и датамах. Но тут объектами ролей выступают уже целые предложения. Для человека какой-либо текст является связанным лишь тогда, когда он сможет установить познавательные связи между предложениями этого текста, - другими словами, когда он понимает, в какой роли находится каждое предложение этого текста. Так образуются мысли частей текста, состоящих из мыслей, содержащихся в отдельных предложениях, и познавательных связей между ними.

Для соединения предложений с помощью познавательных связей, т.е. определения их ролей, имеется сравнительно меньше языковых средств, чем для определения ролей внутри предложения. Это происходит преимущественно на основе наших знаний, путем их постепенного пополнения новыми мыслями. Учеба как раз и представляет собой образование новых познавательных

структур различных объектов, ситуаций, действий, происшествий и все более разностороннее определение того, что может или не может входить в эту структуру.

(6) Мышление – это оперирование познавательными структурами, т.е. мыслями.

Разные познавательные связи лежат в основе разных возможностей и направлений мышления.

На основе родо-видовых связей понятий и их множества делаются формально-логические выводы. При этом в силлогизмах каждая предпосылка представляет собой мысль, которая состоит из двух терминов: один – в роли субъекта, другой – в роли предиката. Из двух мыслей выводится новая мысль, которая содержит новую предикативную связь.

Внутриобъективные познавательные связи позволяют сделать внутриобъективные выводы, пространственные связи – пространственные выводы, связи, которые имеют место при движении – выводы об участниках этих связей, количественные связи – количественные выводы. При этом всегда новая мысль образуется так же, как при силлогизмах, т.е. на основе сравнения двух мыслей по их сходствам и различиям.

Понимание связанности текста представляет собой образование промежуточных мыслей между теми мыслями текста (предложений), которые не имеют прямых языковых связей.

Имеющиеся познавательные связи позволяют мыслить в разных направлениях: горизонтально (по объектам, ситуациям, действиям) и вертикально (по понятиям) пространственно и во времени, квантитативно и квалитативно, оценочно, формально и диалектически.

(7) На основе вышеприведенных принципов когитологии в Тартуском государственном университете создается система ДАТУМ.

Словарный запас системы состоит из первых пятисот слов частотного словаря. В списке представлены основные грамматические части речи. Базой системы является распределение всех возможных грамматических форм этих слов по ролям (ролевая матрица). Первую половину ее составляют внутридатумные роли (Г), вторую – междатумные роли (R). Преобладающая часть словоформ выступает лишь в одной роли. Только 25-30% словоформ выступают в двух или трех ролях (ролевая синономия).

Итак, для большинства словоформ их место в познавательной структуре определяется однозначно. В противном случае,

когда для понимания роли словаря в конкретном предложении нужно выбирать между несколькими ролевыми вариантами, такую функцию берут на себя содержащиеся в предложении другие ролевые признаки. То же следует сказать и об определении границ отдельных датумов.

С точки зрения построения предложения, первый вариант системы может справиться с простым распространенным предложением.

При составлении познавательной структуры предложений не используют морфологический, синтаксический и семантический анализ. Это происходит путем сравнения имеющихся в предложении словоформ с ролевой матрицей. Познавательная структура предложения выражается на матрице как связи между словоформами. Так, все знания, связанные с каким-либо словом в какой-либо роли, связаны с этой формой. Такая организация знаний значительно ускоряет нахождение и оперирование нужными знаниями при большом массиве знаний. А новые ролевые структуры, образующиеся как результат оперирования знаниями (мышление), образуются в правильной языковой форме, так как в матрице каждое слово в каждой роли находится в правильной (соответствующей) языковой форме.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.А. Звегинцев. К стратегии построения систем класса "искусственный интеллект" - Уч. зап./Тартуский гос. ун-т, вып. III. Труды по искусственному интеллекту III. Тарту, 1980.
2. И.Я. Сильдмяз. Сознание и искусственный интеллект (Когнитология). - В сб.: Artificial Intelligence and Information - control Systems of Robots. Smolence, 1980, p. 212.
3. И.М. Сеченов. Элементы мысли. М.-Л., 1943.

## COGITOLOGY

I. Sildmäe

### S u m m a r y

The language knowledge presentation and in AI Systems should be studied in close connection with mentality. The article contains the suggestion to introduce a new scientific trend called 'cogitology'. The object and categories of cogitology are treated in their binds with language.

Text understanding is presented as the formation of cognitive structures which are common for human knowledge and serves as the basis for thinking. In Tartu State University there was created the system "Datum" which allows to form cognitive structures without morphological, syntactical and semantic analysis.

## СЕМАНТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ФРЕЙМ

М.Ф. Толстопятова

В последние годы прикладная лингвистика обогатилась еще одним инструментом, потенциальные возможности которого пока не использованы в полной мере, а может быть даже и не осознаны ни разработчиками, ни потребителями. Речь идет о фреймовом подходе, завоевавшем большую популярность, но остающемся все же достаточно неопределенным и расплывчатым.

Фреймовый подход, как известно, развивается, главным образом, в рамках исследований по искусственному интеллекту - направлению, в центре внимания которого находится человек с его мыслительными и речевыми способностями и, заметим, человек как единица социальная. Фрейм - это обобщенное (и формализованное) представление знаний об объекте ("жилой дом", "автомобиль") или о типичной ситуации в социальной сфере, такой как "покупки - в - супермаркете", "поездка - куда-нибудь - на - автобусе", "посещение - ресторана" и т.п., знаний, необходимых для понимания текстов об этих ситуациях **м а ш и н о й**.

Фреймы в первую очередь предназначались для фиксации и хранения знаний в памяти машины. Но это одновременно и основа для моделирования процессов восприятия. На первых этапах развития фреймового подхода главной целью разработчиков являлось само воплощение идей фрейма, что привело к своего рода фреймовому буму, отмечавшемуся еще в 1975 году Йориком Уилксом /7/. Уже тогда существовало огромное количество фреймов, самых разнообразных по степени обобщенности и видам представленных в них знаний. Если же говорить о форме, плане выражения всех этих представлений, - то здесь картина оказывается еще более пестрой. По существу, сколько авторов, столько и разнообразных фреймов. Отсутствовали и четкие критерии активации фреймов, их применения в системах, моделирующих речевые процессы. Здесь мы хотели бы отметить одно обстоятельство. Являясь формой представления знаний (о простых объектах, действиях и более сложных ситуациях), фрейм может первоначально не быть ориентированным на реальные лингвистические структуры.

Не случайно разработчиками фреймов часто являются не лингвисты-специалисты, а представители, как правило, тех областей знания, которые описываются с помощью фреймов. Но и здесь проявляется связь фреймового подхода с лингвистикой. Так, в нем находят применение многие инструменты метаязыка лингвистической семантики, например, "падежная" концепция: часто фрейм содержит ячейки, или слоты, сходные с филморовскими "падежами" - Объект, Источник, Инструмент и т.п. (Небезынтересно, что сама идея фрейма как шаблона с местами для подстановок была известна лингвистам задолго до появления работ и М. Минского, и Ч. Филмора. Она проводилась в рамках тагмемной теории, созданной К. Пайком /5/, развивавшейся Р. Лонгаком /2/, М. Мак-Кордом и др. /3/. Тагмемный анализ применялся к различным уровням языка - от фонемного до уровня предложений - и за пределами языка - к описанию различных социальных ситуаций и социального поведения человека. Последнее, хотя и проводилось с бихейвиористских позиций, ближе всего стоит к современным методам представления знаний о ситуациях в системах искусственного интеллекта.

И, как показывает практика, без лингвистики нельзя обойтись совсем, когда фреймы начинают использоваться в процессах, моделирующих понимание. Сам термин "понимание" в системах искусственного интеллекта или вообще не определяется, или же носит рабочий "процедурный" характер - рассматривается как перевод текста во фреймовое представление. На первых порах отсутствовали четкие критерии активации фреймов в системах, моделирующих речевые процессы. Создавалось впечатление, что фрейм - это игрушка в искусных руках разработчика: а будут ли фреймы действовать в реальной системе понимания так же успешно, как и при анализе специально подобранных фраз? Но и на сегодняшний день практически нет описания цельной системы (такой, как, например, описание Т. Виноградом его "Робота"), где был бы представлен фреймовый компонент в его действии и взаимосвязях. Определенные шаги в этом направлении делаются. Вот, например, сравнительно недавняя работа Р. Шенка, М. Лебовица и Л. Бирнбаума "Интегрированный механизм понимания" ('An integrated understander') /6/. Здесь описывается модель понимания газетных сообщений о терроризме, основанная на использовании фреймовых структур - сценариев, представляющих стереотипные ситуации, характерные для этой тематической области. Данная модель наследует лучшие черты ее предшественниц - систем SPINOSA - SAM и FRUMP,

но имеет и ряд особенностей.

Своеобразный принцип действия системы связан с некоторыми важными наблюдениями над тем, как протекает процесс понимания у человека. Отметим главные черты:

1. Процесс понимания человеком какого-либо предложения завершается одновременно с завершением процесса восприятия.

2. Люди, большей частью, делают вывод о содержании предложения, еще не закончив его воспринимать до конца.

3. Люди анализируют не все слова, которые слышат, но они обязательно обращают внимание на то, что им интересно.

Эти принципы и определяют стратегии моделирования, в соответствии с которой семантико-синтаксический анализ (традиционный parsing) и этап выводов (inference) не разделены, не следуют друг за другом, а проводятся одновременно. При этом весь ход анализа определяется фактором "интереса": "интересные" элементы текста активируют и заполняют соответствующие фреймовые структуры. Поиск же интересных элементов обусловлен многими лингвистическими признаками семантико-синтаксического характера. Так, немаловажную роль в системе играет классификация лексик в соответствии с ее важностью для понимания текста и особенностями функционирования, что и определяет характер ее обработки. Слова, описывающие какие-то события или признаки событий, подлежат немедленной обработке; слова-уточнители событий, признаков событий, а также функциональные слова и связки обрабатываются по-разному в зависимости от характера слов, которые они уточняют и модифицируют; слова третьей категории - избыточная лексика - как правило, вообще не анализируется.

Нам представляется, что "Интегрированный механизм понимания" наглядно продемонстрировал, как важен учет лингвистических знаний в системах искусственного интеллекта. Более того, здесь определено то место в системе понимания, где не обойтись без участия лингвиста. Фрейм может быть разработан без лингвиста, но не может быть применен без него. На наш взгляд, именно изучение лексической семантики, поведения слов в тексте поможет перекинуть мостик от языка к структурам понимания. Иногда одно лишь слово может быть ключом к целой внеязыковой ситуации. (Эта мысль получает развитие в работе Ч.Филмора "Проблемы лексической семантики" ('Topics in lexical semantics') /1/. И наоборот, работая над представлением знаний в системах ИИ, следует принимать во внимание естественно-языковые способы кодирования этих знаний.

Хотя в большинстве публикаций по результатам работ, где используются фреймовые представления, проблемная область относится к какой-либо бытовой сфере (например, как заказать билет на самолет, как покрасить краской какой-нибудь предмет в домашних условиях, как назначить встречу с другом или коллегой, как сдвинуть автомобиль с места и т.п.), понятно, что не это (или не только это) область применения фреймов. Прикладная лингвистика сталкивается с обработкой информации в самых различных областях, будь то химия, горное дело или проектирование ЭВМ. Здесь ситуации не менее разнообразны при большей стандартизации средств выражения. Поэтому их также удобно описывать с помощью метаязыков фреймового типа. Лингвистические и экстралингвистические знания более четко отграничены друг от друга, чем в случае "обыденных" ситуаций, описываемых естественным языком. В последнем случае любой человек в той или иной мере, в зависимости от личного опыта, является специалистом. Когда же лингвист сталкивается с узкой проблемной областью в какой-либо научно-технической или медицинской сфере, требуется тесный контакт со специалистом, который может указать, как соотносятся друг с другом понятия - элементы специального знания. Простых лингвистических наблюдений над особенностями функционирования соответствующих подязычков недостаточно.

Приведем пример использования метаязыка фреймового типа в вопросно-ответной системе по проблемам автоматического проектирования ЭВМ. Подязык этой области представлен вопросами относительно хода проектирования, его объектов, а также относительно ведения документации по проектированию.

Исследовались типовые запросы, каждый из которых допускает варианты лексического наполнения при неизменности семантико-синтаксической конструкции, лежащей в основе.

Например:

1. Каково состояние технического проектирования?
  - Проектирование объявлено/начато/закончено ... (дата)
  - Проектирование не объявлено/начато/закончено.
2. Какие изделия находятся в проектировании / прошли проектирование с ... по ... (даты)?
  - Панели X для изделия Q .
3. Какой этап проходит проектирование изделия Q ?
  - Выполняется этап автоматической трассировки.
4. Какие ТЭЭ'ы закреплены за панелью X изделия Q ?
  - ТЭЭ'ы Y , ...

## 5. Какие документы на панель X сданы в архив?

и т.п.

В данном подязыке, как и в других подязыках, обслуживающих узкую проблемную область, большинство слов и устойчивых словосочетаний носит терминологический характер, поэтому будем считать для простоты, что значения слов адекватны понятиям, а отношения между ними адекватно отражают связи между понятиями (действиями, признаками, объектами ...). Наши знания о предметной области состоят в следующем. Прежде всего, необходимо разграничивать две запросные ситуации: (1) когда запрос касается процесса проектирования и (2) когда он относится к оформлению документации по проектированию. Ситуации эти различаются характером действий. Ограничимся здесь рассмотрением ситуации проектирования (П). П. Состоит из этапов (синтаксического контроля, контроля перфоленты, авторамической трассировки и т.п.), которые упорядочены последовательно и/или циклически. Отдельные этапы могут повторяться. Объектами П. являются изделия, панели, ТЭЗ'ы. Известно, что каждый из них имеет имена, и ТЭЗ является частью панели, а панель - частью изделия. Сам процесс проектирования или его этап может определяться "стадией": (проектирование объявлено, начато, закончено). При этом имеют место импликации: если П. начато, то оно объявлено; если оно закончено, то оно объявлено и начато. Другими словами, существует строгая временная последовательность стадий. Каждая стадия может характеризоваться конкретным временным признаком (датой или интервалом "с ... по ...").

Итак, ситуация проектирования будет соответствовать фреймовая структура ПРОЕКТИРОВАНИЕ, главные места, или слоты, которой - Состояние, Этап, Объект. В то же время каждый слот имеет зависимый слот - уточнитель, т.е. также может рассматриваться в качестве фрейма. Например, Состояние определяется Временем, Этап - может иметь Объект, как и Проектирование в целом, Объект - имеет Имя и может быть частью другого изделия.

Пример заполненного фрейма.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Состояние < объявлено > : Время < Д >

Этап < контроль трассировки >

Объект < панель > : Имя < X > : Часть < изделие:  
ИМЯ < X >>

Само изображение фрейма может быть и иным. Напомним, что

М. Минский определял фрейм как "структуру в виде сети из узлов и отношений" /4, 250/, которую удобно изображать графически, если она не слишком громоздка.

Теперь обратимся к вопросу о том, как устроен план содержания подъязыка, другими словами - каков способ представления внелингвистических знаний в языке. Подобно фрейму, семантическую структуру какого-либо речевого отрезка принято рассматривать как состоящую из единиц и отношений. Речевой отрезок состоит из слов, которым в семантическом представлении могут соответствовать как единицы, так и отношения. В силу терминологичности данного подъязыка, его слова могут использоваться в метаязыковой функции. Тогда все семантические единицы и некоторые отношения будут описываться словами самого подъязыка. Понятно, что не все отношения выражатся лексически. Тогда для их экспликации требуются особые метаязыковые средства. В данном подъязыке в качестве имен зависимостей удобно рассматривать, например, такие сочетания, как ... входит в ... (ТЭЗ/панель входит в ... изделие) или закреплены за ... (ТЭЗ'и закреплены за панелью). Здесь сочетания входит в и закреплены за суть варианты лексического выражения семантического отношения "принадлежать" или "быть частью, входить в состав", которое, в свою очередь, можно трактовать как одну из составляющих двустороннего отношения "часть ↔ целое" или "принадлежность". Но коль скоро существует синонимия зависимостей, выражаемых лексически, семантическое представление обязано ее эксплицировать. Поэтому целесообразно наряду с вариантами иметь инвариантное обозначение зависимостей. (Понятно, что наименование отношений - вещь условная, как и любой другой метаязыковой элемент, а также и то, что для многих семантических зависимостей мыслимы конверсивы, хотя реализуются в текстах они не всегда). В тексте не все элементы зависимости реализуются. Так обстоит дело, например, с вопросительными словами, которые суть названия зависимостей (когда, какая и т.п.). Вопросительное слово когда является названием временной зависимости, при которой главным словом может быть, к примеру, любое из слов объявлено, начато, закончено (обозначающих с о с т о я н и е проектирования), а зависимым - некоторое "временное" значение Д.

В результате предварительного семантического исследования материала нам удалось и представилось целесообразным зафиксировать следующие виды синтагматических зависимостей

(лексические показатели зависимостей подчеркнуты стрелкой):

"Объектная"

"иметь объектом": сформированы → наборы данных  
проектирование → панели

"быть объектом": изделия находятся в проектировании

"предназначение": выпуск документов на панель

"состояние" объявлено ← проектирование

"время":  когда поступили документы  
находятся в проектировании → с Д<sub>1</sub> по Д<sub>2</sub>

"часть/целое"

"быть частью": ТЭЗ закреплены за панелью

"содержание"/"этап"

"иметь содержание": проектирование проходит этап СК

"быть содержанием":  выполняется этап СК

"интерация" :  сколько раз выполняется этап  
КТ

"ямя": панель → X

(Значок  показывает, что на поверхностном уровне зависимый член отношения не выражается; СК - синтаксический контроль, КТ - контроль трассировки).

Как мы уже говорили, один из главных вопросов фреймового подхода - вопрос о том, как активировать фрейм, или как перейти от текста к фрейму. Фреймы как готовые, но пока абстрактные структуры хранятся в памяти системы. Наполнение такой структуры конкретным содержанием происходит на основе фразы текста. Возникает конкретный пример фрейма. Процедуры логического вывода происходят за счет сравнения сходных заполненных фреймов. Эти операции лежат за пределами лингвистики, и здесь мы их касаться не будем. Наша же главная задача, как уже говорилось, - обеспечить переход от текста к фрейму. В большинстве известных работ такого рода в явном или неявном виде этот переход осуществляется через промежуточную ступень - семантико-синтаксический анализ. Даже там, где объявляется, что самостоятельного уровня семантического представления нет, соответствующий анализ все же присутствует. Мы имеем в виду упоминавшуюся работу Р. Шенка и др.: установление принадлежности слова к некоторому классу ("интересных" слов, связок, функциональных слов и т.п.) - не что иное, как семантический анализ, в результате которого слово получает категориальный признак и в соответствии с ним может участвовать или не участвовать в заполнении фреймовых структур.

На примере рассмотренного здесь подъязыка запросов по автоматическому проектированию мы хотим показать, как соотносится семантическое представление с фреймовым. Чтобы сделать это, построим совмещенную семантическую сеть. Здесь в качестве иллюстрации мы приводим семантическую сеть, связанную лишь с одной из ситуаций нашей проблемной области, а именно с общей ситуацией проектирования (как она была представлена выше). Совмещенная сеть имеет сходство с псевдо-текстом Й. Уилкса /8/ - формой кодирования знаний, приближенной к текстовому виду. По Й. Уилксу, псевдо-текст "Автомобиль" - это не копия репрезентации текста, не сценарий возможного текста об автомобилях, а это действительная репрезентация некоторого довольно общего текста об основах управления автомобилем /8, 148/. Поскольку фразы нашего подъязыка однотипны, мы позволили себе совместить в одном представлении и запросы, и ответы на них (как модификацию запросов). И тогда наша совмещенная сеть - это семантическая репрезентация реальных речевых отрезков подъязыка.

Зависимости носят синтагматический характер, т.е. эксплицируют связи слов в реальных речевых отрезках. Они аналогичны "падежным связям" в смысле Ч. Филмора. В узлах (они обозначены прямоугольниками) стоят имена понятий - объектов, и действий, признаков. Слова, заключенные в один общий прямоугольник, рассматриваются как функционально однородные и в этом смысле синонимичные. Границы синонимии условно определяются общей рамкой прямоугольника. Отношение синонимии обуславливает возможность выбора подмножества единиц из всей совокупности однородных единиц. В то же время внутри класса синонимов могут существовать зависимости. Одна и та же по содержанию зависимость может выступать и в парадигматическом, и в синтагматическом плане. Так, ТЭЭ, панель, изделие, одинаковым образом зависят от проектирования (а именно, являются "объектами" проектирования), однако ТЭЭ "есть часть" панели, а панель, в свою очередь, - часть " изделия. Отношение "быть часть" - входить в ... связывает эти понятия и в системе понятий, и в тексте.

Стрелка  $\longrightarrow$  направлена от главного слова к зависимому, ее содержание обозначено словом или словосочетанием, стоящим над ним.

Стрелка  $\rightarrow$  -  $\rightarrow$  отличается от первой тем, что определяемая ею связь по внелингвистическим причинам считается в данном подъязыке обязательной (например, в ответах на опреде-

ленные запросы необходимо упоминать время совершения того, о чем идет речь в запросе, хотя непосредственно о времени спрошено не было).

Пунктирная стрелка соответствует конверсиву того отношения, которое обозначено стрелкой первого типа, и связывает те же самые узлы, но направлена в противоположную сторону. Пунктирная стрелка вводится в случае, если конверсив к "основной" зависимости имеет коррелят в поверхностной структуре. Так, "объективное" отношение (в направлении "иметь объект") между словами проектирование и изделия (род.п.) не имеет лексического выражения. А его конверсив "быть объектом" выражается словами находятся в (изделия находятся в проектировании), прошли (изделия прошли проектирование).

Стрелки могут связывать не только узлы, но и стрелки и узлы. Существуют узлы, в которые не входит ни одно стрелка первого типа. Здесь это узел проектирование. Слова, расположенные в них, являются как бы главными предикатами.

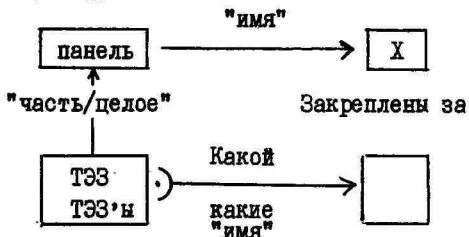
Узлы, как и стрелки, могут иметь пометы падежного управления, глагольных форм, отрицания, если оно может присоединяться к наименованию зависимости или к любому представителю класса слов какого-либо узла. Эти пометы образуют как бы рамку признаков, не относящихся непосредственно (кроме отрицания НЕ) к семантической структуре, но важных в процедурном аспекте, т.е. в плане построения речевых отрезков или их распознавания.

Анализ запроса может происходить путем его "вкладывания" в совмещенную сеть. Задача анализа - фиксировать те узлы и стрелки, в которые "вкладывается" запрос. В результате мы выделим фрагмент сети, соответствующий запросу, а следовательно, установим и проинтерпретируем семантические связи между словами. В качестве интерпретации рассматриваются имена зависимостей, обозначенные на стрелках словами в кавчках.

Чтобы получить ответ, движемся по зафиксированным стрелкам, проходя через зафиксированные узлы (считывая нужные слова). При этом движемся от слова-предиката (узел помечен звездочкой) строго в направлении всех стрелок, в том числе и стрелок типа  $\cdot \rightarrow$ , даже если они первоначально не были зафиксированы: как отмечалось, данные зависимости являются обязательными. Прочитывается, таким образом, и слово из того узла, которое было соединено с остальными исходным вопросительным словом. Вопросительные слова при построении ответа

не прочитываются. Если в выделенном фрагменте сети не оказалось слова-предиката, ответ "организуется" несколько иначе: движение по зафиксированным стрелкам начинается с узла, из которого исходит стрелка с первоначальным вопросительным словом.

Например, запросу 18 "Какие ТЭЗ'ы закреплены за панелью X" соответствует фрагмент сети:



Переходя на язык мета-обозначений, т.е. к интерпретации запроса, мы видим, что запрос касается "имени" ТЭЗ, который "является частью" панели с "именем" X.

Строя ответ, необходимо вначале перейти от узла со словом ТЭЗ по обязательной стрелке, а затем по остальным фиксированным стрелкам и узлам. (Как мы указывали, процедура выбора нужного "имени" ТЭЗ или совокупности имен остается вне нашей компетенции).

Прочитывая ответ, узнаем, что ТЭЗ'ы  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  закреплены за панелью X.

В случае, если имеется пунктирная стрелка, как вариант ответа предусматривается путь по этой стрелке из узла, из которого она исходит. Так, в ответ на запрос "Какой этап проходит проектирование?" наряду с ответом "Проектирование проходит этап СК", возможен вариант "Выполняется/проводится этап СК".

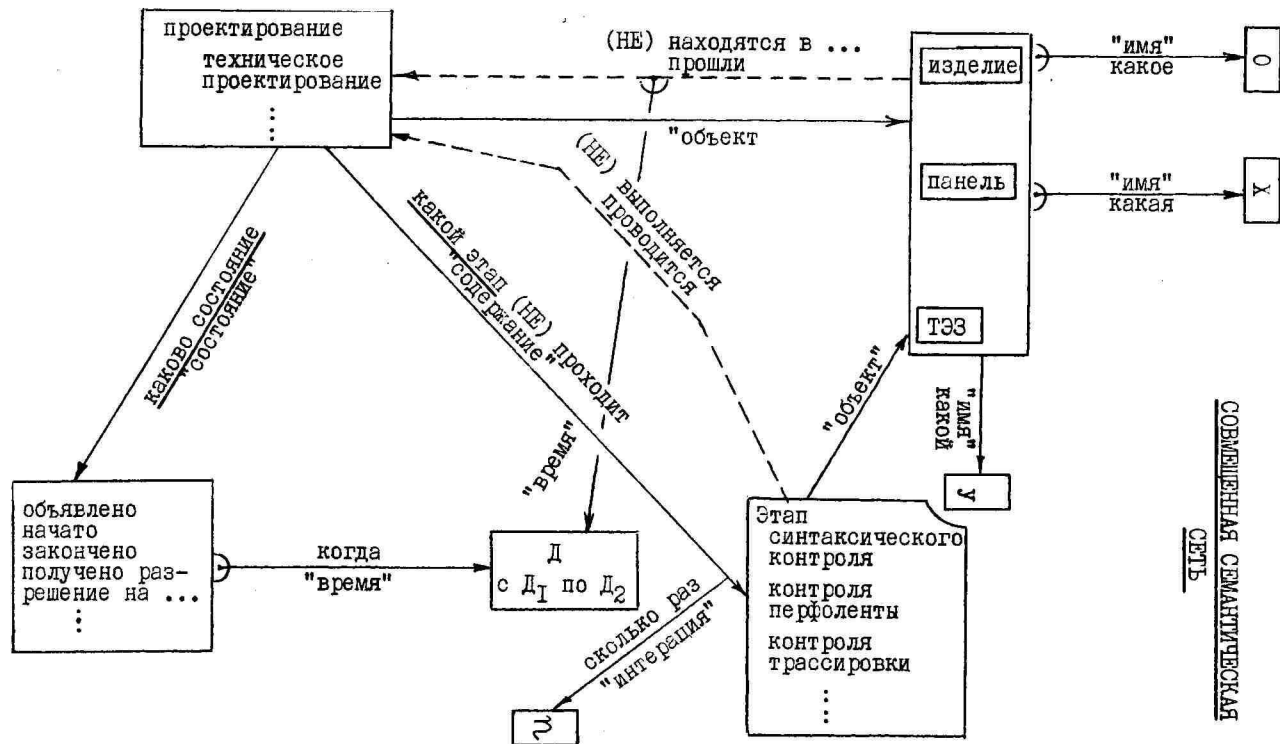
Итак, интерпретация запроса и порождение на его основе модели ответа соответствует обычной схеме действия вопросо-ответной системы, когда на вход поступают запросы, а на выходе выдаются ответы на них. Но это не отражает реального процесса информационной обработки (как и модель ответа не есть реальный ответ, поскольку последний должен содержать сведения, согласованные с базой данных). В действительности сначала должно произойти накопление сведений, например, в форме текстовых сообщений и их перевод через семантическое во фреймовое представление. Каждое такое сообщение есть ответ на потенциальный запрос. При этом примеры фреймов - и

конкретного запроса, и конкретного ответа на него — это воплощение одной и той же инвариантной структуры.

Как мы видим, сеть и фрейм имеют много общего. Однако сеть — это всегда конкретное представление семантики речевых отрезков (и если на нашей сети вместо "имен" объектов, а также числовых значений различных дат и промежутков времени используются буквенные символы, то это сделано лишь для того, чтобы изображение не было громоздким). Фрейм же может содержаться в системе и в незаполненном виде. Но именно информация, заключенная в тексте и эксплицированная в виде сети есть источник наполнения фрейма, основа для возникновения его конкретного примера, или варианта. В системе может одновременно присутствовать несколько примеров одного и того же фрейма, в частности, фреймы запросы и ответа на него. Аналогичным образом наша сеть служит для репрезентации как различных запросов, так и ответов.

Как же связаны между собой совмещенная семантическая сеть и фрейм? Узлы и отношения сети соответствуют фреймовым. Слова, помещенные в узлах (выделенных прямоугольниками), — потенциальные "наполнители" фреймовых слотов. При построении конкретного фрейма происходит как бы выбор одного из слов. Стрелки зависимостей, связывающие узлы сети, интерпретируют также отношения между слотами фрейма. Однако слова естественного подязыка, которые являются выражением этих зависимостей (например, когда, какие, входит в ... и т.п.), фрейму не принадлежат. Таким образом, во фрейм "падают" лишь те элементы семантического представления, которые непосредственно соотносятся с элементами знания в проблемной области (понятиями или фактическими данными, например, числовыми). В зависимости от целей использования как фрейма, так и семантического представления, в них могут быть отражены и те знания, которые "закодированы" в грамматических значениях числа, вида, времени и т.п. Элементы подязыка, отраженные в интерпретации, но не участвующие в заполнении слотов фрейма, обеспечивают переход от семантического представления к фреймовому, т.к. они "помогают" заполнять слоты, связывая слова-кандидаты с нужными слотами. Как нам кажется, это не требует специального разъяснения, этот факт иллюстрирует сама совмещенная сеть.

В целом совмещенная семантическая сеть является наглядным изображением результата того исследования, которое неизбежно сопутствует разработке фреймового представления знаний



В СИСТЕМАХ ПОНИМАНИЯ, СВЯЗАННЫХ С УЗКОЙ ПРОБЛЕМНОЙ ОБЛАСТЬЮ.

### Л и т е р а т у р а

1. Fillmore Ch.J. Topics in lexical semantics. In: Current Issues in Linguistic Theory, ed. P. Cole, Bloom.-L., 1977.
2. Longacre R. Some fundamental insights of tagmemics. In: Language, v. 41, N 1, 1965.
3. McCord M.C. Slot Grammars. In: American Journal of Computational Linguistics, v. 6, N 1, 1980.
4. Мляский М. ПСИХОЛОГИЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ. М.: Мир, 1978.
5. Pike K. Language in relation to a unified theory of structure of human behavior. Mouton. The Hague - Paris, 1967.
6. Schenk R.C., Lebowitz M., Birnbaum L. An Integrated Understander. In: American Journal of Computational Linguistics, v. 6, N 1, 1980.
7. Wilks Y. Seven Theses about Artificial Intelligence and Natural Language. Working Paper N 17, Istituto per gli studi semantici e cognitivi. Castagnola, Switzerland, 1975.
8. Wilks Y. Frames, Semantics, and Novelty. In: Frame conceptions and text understanding. Ed. by D. Metzger. N.-Y., De Gruyter, 1980.

#### SEMANTIC REPRESENTATION AND FRAME

M. Tolstopjatova

#### S u m m a r y

The paper deals with the problem of correspondence between frame and semantic representations in text understanding systems, it discusses the role of linguistics in development of AI systems.

It is noted that frame representation can be constructed without any linguistic knowledge, but it must be taken into consideration when the frame is activated. A lot of frame features are traced down to those of semantic meta-languages.

The author thinks that in an AI-system semantic re-

presentation should be treated as a necessary step on the way from text to frame. The correspondence of frame and semantic representation is demonstrated by example of a question-answering system designed for automatic projecting.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ФРЕЙМЫ И СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ ПРОГРАММ

Э.Х. Тыгу

Исследования по синтезу программ начались сперва в области искусственного интеллекта с целью построения автоматических решателей задач. Сейчас синтез программ вышел из рамок этой области и привлек внимание системных программистов. Следствием этого являются повышенные требования к эффективности и надежности синтезатора программ. В данной статье попытаемся показать, что уже существующие методы обработки текстов и синтеза программ позволяют построить практически полезную систему программирования.

Путь от задачи к программе ее решения показан на рис.1.

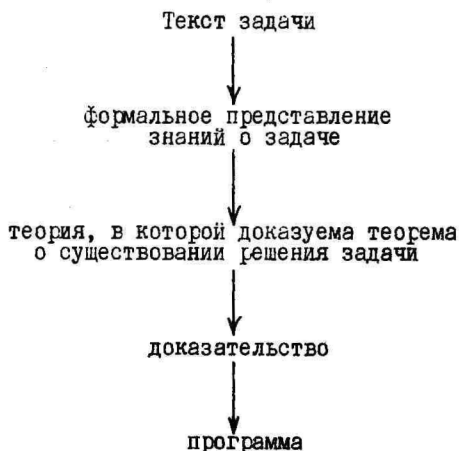


Рис. 1. Путь от задачи к программе

Первый шаг - перевод текста задачи во внутреннее (и формальное) представление может быть выполнен лингвистическими методами. Это не подлежит рассмотрению в данной статье. Будем считать, что знания о задаче могут быть выражены в виде

фреймов /I/. Рассмотрим синтез программы начиная с того момента, когда знания уже имеют форму фреймов.

### Вычислительные фреймы

Фреймы мы понимаем как "модули знаний", которые могут храниться и перерабатываться в ЭВМ. Определение фрейма можно найти в /I/.

Введем понятие вычислительного фрейма, который имеет обязательно следующие свойства:

- компоненты, значения которых можно вычислять;
- отношения, применимые для вычислений значений компонент фрейма;
- условия, сопоставленные отношениям и определяющие, когда отношение применимо для вычислений.

Кроме того, никаких ограничений на форму и содержание фрейма нами не накладывается.

Предполагается, что знания о каждой задаче можно представить в виде вычислительных фреймов. (Ввиду весьма большого числа работ, выполняемых по представлению знаний, это кажется вполне обоснованным предположением).

Можно рассматривать фреймы в абстрактной форме, как это делается в /I/. Но мы предпочтем здесь конкретное представление фреймов на специальном языке, близком к языку УТОЛИСТ /2/. Это позволит более точно описать извлечение из фреймов тех аксиом, которые будут нужны при синтезе программы.

Рассмотрим прокомментированные примеры фреймов. (Комментарии выделены в отдельные строки текста, начинающиеся с символа "ж").

Первый пример является фреймом понятия "человек".

человек: (имя: строка);

ж Первым компонентом фрейма является имя, оно описано как ж строка. Это значит, что оно может иметь значение типа ж строка.

дата рождения: (число,  
                          месяц,  
                          год: целый);

ж Вторым компонентом является дата рождения человека. Имя ж дата-рождения в свою очередь именуется фрейм, имеющий компонент ж негн: число, месяц и год, которые могут принимать целочисленные значения.  
ж Фрейм дата-рождения неявно содержит отношение, по которому

ж можно выполнять следующие вычисления:

ж дата-рождения: = (число, месяц, год)

ж число: = *select*, (дата-рождения)

ж месяц: = *select*, (дата-рождения)

ж год: = *select*, (дата-рождения).

дети: множество элемент=человек;

ж Компонент "дети" определен через понятие множества. Последнее должно быть ранее описано фреймом, в котором имеется компонент "элемент".

семейный: логический;

ж Этому компоненту семейного человека соответствует значение истина, а в случае холостого - ложь.

имя-супруга: строка;

если семейный то

отношение Q vx имя

vx имя-супруга;

ж Для семейного человека имя его супруга может вычисляться программой Q. Здесь мы встретились с отношением, которому сопоставлено условие применимости.

)

Фрейм человека кончился закрывающейся скобкой.

Второй пример является фреймом множества.

множество: (элемент: неопр;

ж Тип компонента "элемент" - неопределенный. Это дырка (слот) в фрейме, которая должна быть заполнена при использовании фрейма.

представление: память;

ж Этот компонент является "значением" множества, рассматриваемого как одно целое.

ж Тип компонента "представление" не уточняется, но предполагается, что для хранения значения этого компонента будет динамически выделяться требуемая память.

первый: логический;

ж "первый" имеет значение истина, если происходит выборка первого элемента множества.

следующий: логический;

ж "следующий" принимает значение истина, если выбирается следующий элемент множества.

отношение следующий = не первый;

отношение QI vx следующий,

представление

vx элемент;

ж Программа Q1 вычисляет значение элемента множества по значениям компонентов "следующий" и "представление".

)

Конец фрейма множества.

Третий пример представляет подмножество.

подмножество: (M1, M2: множество;

условие: логический;

ж M2 является подмножеством множества M1, состоящим из тех элементов множества M1, для которых "условие" принимает значение истина.

если разрешимо (вх M1. следующий

вхх условие

M1. элемент)

то отношение Q2 вх M1. представление

вхх M2. представление)

разрешимо (вх  $x_1, \dots, x_m$  вхх  $y_1, \dots, y_n$  - предикат, который истинен тогда когда можно синтезировать программу вычисления  $y_1, \dots, y_n$  по заданным  $x_1, \dots, x_m$

разрешимо (вх M1. следующий

вхх условие,

M1. элемент)

является условием применимости отношения, по которому строится представление подмножества.

Последний пример представляет понятие "существует", что соответствует квантору существования.

существует: (b: множество;

условие: логический;

истинно: логический;

ж "истинно" будет иметь значение истина только, если в множестве "b" существует элемент, для которого вычислимо значение компонента "условие", равное истина.

если разрешимо (вх b следующий

вхх условие)

то отношение Q3 вх b. представление

вхх истинно

)

При помощи описанных здесь фреймов можно выражать разные смыслы. Например, смысл

"незамужние матери детей, родившихся после 1978 года"

выражается как подмножество, куда входят люди, для которых верно условие

пол = "женский" и семейный = ложь

и есть-маленький-ребенок,

где

"есть-маленький-ребенок" равен по значению компоненту "истинно" фрейма того, что в множестве "дети" данного человека существует элемент, для которого верно дата-рождения. год > 1978.

### Как построить теорию

Хотя фреймы и выражают знания о задачах формально, эти знания не пригодны непосредственно для синтеза программ. Следующий шаг, который требуется сделать для получения программы - построение теории, в которой можно конструктивно доказать, что существует искомое решение задачи (рис. 1). В принципе можно бы использовать интуиционистскую теорию первого порядка [3/], но практически невозможно автоматически построить доказательство теоремы существования для сколь-нибудь интересной задачи в такой общей теории.

Однако фреймы содержат достаточно много специальных знаний о конкретной задаче. Эти знания следует использовать при построении теории. В частности, каждому вычислимому компоненту с фрейма сопоставим некоторый предикат  $P_c$ . Этот предикат  $P_c(x)$  истинен тогда и только тогда, если  $x$  является значением компонента  $c$ . Вычислимость компонента  $v$  из компонента  $a$  можно выразить в теории первого порядка следующим образом:

$$\forall x (P_a(x) \Rightarrow \exists y (P_b(y) \wedge y = f(x))), \quad (I)$$

где  $f$  - функция, по которой вычисляется значение компонента  $v$ .

Например, выборка элемента множества по фрейму множества описывается так:

$$\begin{aligned} & \forall x \forall y \text{ (представление } (x) \wedge \\ & \quad \wedge \text{ следующий } (y) \Rightarrow \\ & \Rightarrow \exists z \text{ (элемент } (z) \wedge \\ & \quad \wedge z = f_{a1}(x, y)), \end{aligned}$$

где представление, элемент и следующий - предикаты, соответствующие одноименным компонентам фрейма множества.

Если отношению сопоставлено условие применимости, то формула, выражающая вычислимость, будет содержать еще одну импликацию.

Например, для отношения

если семейный то  
отношение Q вх имя  
вх имя-супруга  
представимо в виде  
семейный  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow (\forall x \text{ имя } (x) \Rightarrow \exists y (\text{имя-супруга } (y) \wedge \bigwedge u = f_Q(x)))$$

(Здесь "семейный" является пропозициональной переменной, так как тип соответствующего компонента в фрейме был логический).

В общем случае условная вычислимость выражается формулой:

$$P \Rightarrow (\forall x (P_a(x) \Rightarrow \exists y (P_b(y) \wedge y = f(x))), (z))$$

Трудности возникают при аксиоматизации следующего отношения:

если вычислимо (вх MI. следующий,  
MI. представление вх условие).  
то отношение Q вх MI. представление  
вх истинно

В этом случае функция, по которой вычисляется значение компонента "истинно", по существу зависит от функции для вычисления компонента "условие" по заданным компонентам MI. следующий и MI. представление. В общем случае отношение вида

если вычислимо (вх с вх d)  
то отношение R вх a  
вх b

не может быть представлено формулой первого порядка. Его можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} & \exists f (\forall u (P_c(u) \Rightarrow \exists v P_d(v) \wedge v = f(u)) \Rightarrow \\ & \Rightarrow \forall x (P_a(x) \Rightarrow \exists y (P_b(y) \wedge y = G(f, x))) \end{aligned} \quad (3)$$

Мы попытаемся избежать трудностей, возникающих при построении доказательств в теориях высших порядков. Для этого мы ограничим использование предиката вычислимо так, что он может входить только в условия применимости следующего вида:  $P_1 \wedge \dots \wedge P_k$ , где  $P_i$  имеют форму вычислимо (...).

Рассмотрев представление знаний о вычислимости, содержащихся в вычислительных фреймах в виде отношений, мы убедились, что каждое отношение может быть представлено в виде формулы исчисления предикатов вида (1), (2) или (3). Эти формулы удовлетворяют условиям, сформулированным в /3/. Следовательно, они могут быть взяты в качестве аксиом конструктивной теории, в которой любое доказательство существования переводимо в такую программу на языке АЛГОЛ, которая вычисляет решение задачи.

### Структурный синтез

Введем некоторые сокращения для формул, выражающих вычислимость объектов. Вместо

$$\forall x (P_a(x) \Rightarrow \exists y (P_b(y) \wedge y = f(x)))$$

будем писать

$$a \xrightarrow{f} b \quad (4)$$

и читать это как "b вычислимо из a при помощи f". Это — отношение вычислимости, связывающее a и b (или a, b и f).

Очевидно, что вместо (2) можно теперь также использовать более короткую формулу:

$$P \Rightarrow a \xrightarrow{f} b \quad (5)$$

Смысл предиката вычислимо (вх с вых d) может быть выражен тоже при помощи отношения вычислимости:

$$\exists f (c \xrightarrow{f} d)$$

Вместо (3) теперь можно записать

$$\exists f (c \xrightarrow{f} d) \Rightarrow a \xrightarrow{G(f)} b \quad (6)$$

Формулы вида (4), (5) и (6), где a, b, c и d — объекты или наборы (конечные множества) объектов, будем называть предложениями вычислимости.

Мы показали как знания о вычислимости объектов, которые содержатся в фреймах, могут быть представлены в виде сово-

купности предложений вычислимости. Кроме того было установлено, что программу можно извлечь из доказательства в конструктивной теории, аксиомы которой эквивалентны предложениям вычислимости. (Отличия между формулами (1), (2), (3) и (4), (5), (6) только в форме записи).

Теперь мы приведем правила вывода для построения конструктивного доказательства прямо в терминах предложений вычислимости.

Для задачи

$$\text{"вычислить } y \text{ из } x\text{"} \quad (7)$$

теорема существования решения выражается формулой

$$\exists f (x \xrightarrow{f} y) \quad (8)$$

Все условия задачи задаются в виде аксиом в форме предложений вычислимости. (Напомним еще раз, что для каждой конкретной задачи строится своя система аксиом).

Теорема существования решения является формулой 2-го порядка, но, используя правило вывода

$$0^\circ \quad \frac{x \xrightarrow{f_0} y}{\exists f (x \xrightarrow{f} y)},$$

получается доказательство теоремы, как только  $x \xrightarrow{f_0} y$  доказано для некоторого конкретного  $f_0$ . Поэтому будем рассматривать только вывод  $x \xrightarrow{f} y$  из аксиом, заданных в виде предложений вычислимости.

Далее будут рассматриваться теории, в которых все аксиомы — предложения вычислимости. Совокупность предложений вычислимости, описывающих некоторую конкретную задачу, называется в работах /2, 6/ вычислительной моделью задачи. В зависимости от сложности условий вычислимости получаются теории разной сложности, в которых применимы разные стратегии поиска доказательства.

Уместно сразу заметить, что объектами вычислительной модели задачи являются не переменные строящейся программы, а состояния переменных. Лишь в том случае, если ни одно значение переменной в ходе выполнения программы не переисчисляется, можно между объектами вычислительной модели задачи и переменными программы установить взаимно однозначное соответствие. Если в программе появляются циклы, то вычислительная

модель задачи будет содержать последовательности объектов и предложений вычислимости, и эти последовательности могут быть бесконечными.

Отношения вычислимости позволяют представить любые информационные связи между конечным множеством объектов. Если для решения задачи ни один объект не надо вычислять более одного раза, можно на вычислительной модели задачи определить порядок, который гарантирует возможность вычислений, если функции применять в таком порядке. Идея заключается в том, что при известном  $a \xrightarrow{f_1} b$  и  $b \xrightarrow{f_2} c$  последовательное применение  $f_1$  и  $f_2$  дает  $c$  из  $a$ , то есть можно вывести новое отношение вычислимости:

$$a \xrightarrow{(f_1; f_2)} c$$

Пусть  $x, y, \dots$  - конечные последовательности объектов (констант или переменных). Тогда вычислимость выражается следующими правилами вывода:

$$1^\circ \frac{y \subseteq x}{x \xrightarrow{S_{x,y}} y},$$

где  $S_{x,y}$  - селектор-функция, выбирающая значения переменных  $y$  из заданных значений переменных  $x$ .

$$2^\circ \frac{x \xrightarrow{f_1} y, x \xrightarrow{f_2} z, w = yUz}{x \xrightarrow{(f_1; f_2)} w},$$

где  $(f_1, f_2)$  обозначает совместное выполнение функций  $f_1$  и  $f_2$ .

$$3^\circ \frac{x \xrightarrow{f_1} y, y \xrightarrow{f_2} z}{x \xrightarrow{(f_1; f_2)} z},$$

где  $(f_1, f_2)$  обозначает последовательное выполнение функций  $f_1$  и  $f_2$ .

Если для заданной задачи  $(x, y, Q)$ , где  $Q$  - вычислительная модель с тождественно-истинными условиями вычислимости,

Формула  $x \xrightarrow{f} y$  выводима в теории с системой аксиом Q и правилами вывода  $1^0, 2^0, 3^0$ , то задача  $(x, y, Q)$  разрешима и программа ее решения строится из функций, входящих в аксиомы

Правило вывода  $2^0$  можно заменить на правило  $2'$  в предположении, что вычисляемые значения объектов не зависят от порядка применения функции:

$$2' \quad \frac{x \xrightarrow{f_1} y, \quad x \xrightarrow{f_2} z, \quad \omega \cup z}{x \xrightarrow{(f_1; f_2)} \omega}$$

Поскольку мы далее ограничимся рассмотрением синтеза последовательных программ, то будем пользоваться как раз правилом  $2'$ .

### Обработка последовательностей

Пусть  $x_1, x_2, \dots$  — последовательность объектов, на которой заданы отношения вычислимости  $x_i \xrightarrow{f_0} x_{i+1}, x_i \xrightarrow{f} x_{i+1}$  для  $\forall i = 1, 2, \dots, n$  — кратное применение правила  $3^0$  дает программу вычисления  $+ i$ -го элемента последовательности:

$$f_0; \underbrace{f_1; \dots; f_n}_{n \text{ раз}}$$

Эту же программу можно свернуть в цикл  $f_0; \text{for } i \text{ to } n \text{ do } f \text{ od}$ ,

где  $f_0, f$  — операторы, выполняющие вычисления по функциям  $f_0$  и  $f$ .

Задача становится более сложной, если требуется вычислить  $x_i$ , для которого  $\exists P(x_i)$  и  $P(x_j)$ , если  $j < i$ . Соответствующая программа может быть  $f_0; \text{while } P(x) \text{ do } f \text{ od}$ , где  $x$  — переменная, которой операторы  $f_0, f$  присваивают вычисленное значение  $x_i$ . О полученной программе, вообще говоря, не известно, завершит ли она работу. Доказательство завершения следует проводить отдельно.

Синтез циклов для обработки последовательностей был описан в 1958 г. /4/. Более общие результаты приведены в /5/. Там рассматривается  $n$  последовательностей

$$x_{s,1}, x_{s,2}, \dots \quad S = 1, 2, \dots, n.$$

Предполагается, что для некоторых фиксированных  $m_1^0, \dots, m_n^0$

значения объектов  $x_{s,i}$ ,  $i \leq m_s^0$  заданы. Ищутся значения объектов  $x_{1,m_1}, x_{2,m_2}, \dots, x_{n,m_n}$  для фиксированных  $m_1, m_2, \dots, m_n$ . Отношения вычислимости имеют вид

$$\{x_{1,i-\Delta(s,1)}, \dots, x_{n,i-\Delta(s,n)}\} \xrightarrow{f_s} x_{s,i},$$

где  $0 \leq \Delta(s,j) \leq m_j^0$ . В [5] доказано, что для разрешимой проблемы существует конечная последовательность функций  $f_s$ , которая вычисляет по одному новому объекту  $x_{s,i}$  в каждой последовательности, используя только объекты  $x_{s,j}$ ,  $j \leq i - \Delta(s,j)$ . Программа, вычисляющая по этой последовательности функций, может быть принята за тело цикла, решающего данную задачу.

### Синтез ветвящихся программ

Пусть условия вычислимости  $P$  в аксиомах являются вычислимыми предикатами  $P_1, P_2, \dots$ , которые вычисляются программами  $P_1, P_2, \dots$

Правило вывода

$$\frac{4 \quad P_1(w) \vee \dots \vee P_k(w), P_1(w) \Rightarrow x \xrightarrow{f_1} y, \dots, P_k(w) \Rightarrow x \xrightarrow{f_k} y}{x \cup w \xrightarrow{f} y}$$

позволяет получить ветвящуюся программу

$$f = \text{if } P_1(w) \text{ then } f_1 \text{ elif } P_2(w) \text{ then } \dots \text{ else } f_k \text{ fi}$$

Применяя правило  $4^0$  вместе с правилами  $1^0, 2^0$  и  $3^0$ , получим программы, составленные из линейных участков и условных предложений. Если нет необходимости доказывать  $P_1(w) \vee \dots \vee P_k(w)$  (например, если истинность этой формулы следует из некоторых общих соображений о задачах), то может применяться следующая очень простая стратегия поиска доказательства. Сперва проверяются все аксиомы с тождественно-истинными условиями вычислимости и используются все применимые из них.

Затем учитываются аксиомы  $P_i(w) \Rightarrow x \xrightarrow{f_i} y$ , для которых вычислены  $w \cup x$  и генерируется условное предложение if  $\dots$  fi. Каждая ветвь условного предложения синтезируется рекурсивным применением этой же самой стратегии.

В более общем случае условия вычислимости в аксиомах могут быть нормальными формулами, определенными ранее. В этом

случае форма синтезируемой программы остается такой же, как в рассмотренном случае, но поиск доказательства усложняется, поскольку надо доказывать невычислимые части нормальных формул. Доказательство истинности  $P_1(\omega) \vee \dots \vee P_k(\omega)$  может возлагаться на программиста.

В некоторых специальных случаях, например, при переводе таблиц решений, доказательство этой формулы получается автоматически тоже достаточно просто.

### Синтез процедур

При решении задачи полезно выделить как можно больше подзадач. Таким способом задача делится на части, которые с большой вероятностью будут проще самой задачи и, следовательно, синтез программ их решения будет тоже проще. Выделение подзадач может произойти уже при задании аксиом. В частности, можно поставить применимость некоторых аксиом в зависимость от разрешимости подзадач. Например, чтобы вычислить значение определенного интеграла  $Z = \int_0^x y du$ , необходимо решить подзадачу вычисления  $y$  по  $u$ . Это может быть выражено следующим предложением вычислимости.

$$\exists f(u \xrightarrow{f} y) \Rightarrow (x \xrightarrow{h} z),$$

где  $h$  реализована некоторой подпрограммой численного интегрирования  $H(f_0)$ , имеющей в качестве одного параметра программу  $f_0$  вычисления подынтегральной функции. Доказательство того, что подзадача разрешима, дает программу функции  $f$ .

Здесь условие вычислимости содержит квантифицированную функциональную переменную  $f$ , следовательно, такие аксиомы уже не выразимы в теориях первого порядка. Все же существует эффективный метод поиска доказательства разрешимости, если заранее известно, что ни одно предложение вычислимости не надо применять в пределах доказательства разрешимости подзадачи более одного раза. Для каждой подзадачи доказательство строится уже рассмотренными методами, если предположить, что условия вычислимости вида  $\exists f(u \xrightarrow{f} y)$  истинны. Но для окончательного доказательства необходимо провести проверку разрешимости подзадач на  $u$  - или дереве подзадач.

Следует отметить, что тело цикла можно синтезировать как программу решения подзадачи. Управляющие структуры циклов,

соответствующих разным схемам индукции, могут быть заранее запрограммированы и представлены в виде аксиом. Именно так происходит синтез циклов (и рекурсивных программ) в системе программирования ПРИЗ /6/.

#### Л и т е р а т у р а

1. М. Минский. Структура для представления знаний. - В сб.: Психология машинного зрения/ред. П. Уинстон. М.: Мир, 1978.
2. М.А. Мяннисалу и др. Язык УТОПИСТ. Алгоритмы и организация обработки экономических данных. М.: Статистика, 1977, с. 80-118.
3. Н.Н. Непейвода. Построение правильных программ. - Вопросы кибернетики, т. 46. М.: АН СССР, с. 88-122.
4. Э.З. Любимский. Автоматизация программирования и метод программирующих программ. Дисс. канд. М.: Институт математики АН СССР, 1958.
5. И.Б. Задыхайло. Построение циклов по специальному виду параметрических записей. - ЭВМ и МФ, т. 3, № 2, 1963.
6. Э.х. Тьугу. Система программирования с автоматическим построением алгоритмов. - Труды симпозиума по методам реализации новых алгоритмических языков. Новосибирск, 1975, с. 94-108.

# COMPUTATIONAL FRAMES AND THE STRUCTURAL SYNTHESIS OF PROGRAMS

E. Tsugu

## S u m m a r y

The research in program synthesis was instigated within the Artificial Intelligence paradigm with the aim of creating automatic problem solvers. By now this problem has transcended the boundaries of the Artificial Intelligence domain and caught the attention of system analysts. The result of such development is the enhanced requirements to the efficiency and reliability of program synthesizers. The author of the paper is of the opinion that the already existing means of text processing and program synthesis enable us to build programming systems of practical value.

The way from posing a problem to its solution has been shown in Table 1. The first step in this way - the translation of the text of the problem into the internal (and formal) representation - can be achieved by linguistic means. This step is not considered in the present paper. The author proceeds from the assumption that knowledge about the problem can be represented in the framework of frames. Although frames present knowledge about the problem formally this knowledge is not suitable for the direct synthesis of programs. Therefore the next step in the way of program synthesis is the need to build a theory where it can be constructively demonstrated that there exists a required solution to the problem. This step is followed by the verification of the solution the last step being the actual synthesis of the corresponding program.

## Оглавление

Богуславский И.М. Отрицание и противопоставление ....	3
Boguslawski I. Negation and Contrast. Summary .....	17
Вольфенгаген В.Э. Аппликативные вычислительные системы и представление знаний фреймами в интеллектуальном банке данных .....	18
Wolfengagen V. Applicative Computing Systems and Frame Knowledge Representation in the Media of Intelligent Data Bank. Summary .....	42
Котик М.А., Емельянов А.М. Анализ структуры рискованных поступков и их классификация посредством ЭВМ .....	43
Kotik M., Emeljanow A. An Analysis of the Structure of Risky Actions and their Classification by Means of Computer. Summary .....	55
Литвак С.Р., Роосмаа Т.А., Салувеэр М.Э., Ыйм Х.Я. С распознаванием гиперсобытий в системе понимания связного текста .....	56
Litvak S., Roosmaa T., Saluveer M., Õim H. Recognizing Hyperevents by a Text Understanding System. Summary .....	67
Мартемьянов Ю.С. Об управляемом выводе предложений ..	71
Martemjanov J. Abstract: On the Governed Inference of Propositions. Summary .....	88
Озолин М.Э. Способ представления знаний в автоматизированной обучающей системе .....	89
Ozolins M. Knowledge Representation Method for Computer Assisted Learning. Summary .....	101
Паршин П.Б. К вопросу о лингвистически ориентированной классификации знаний .....	102
Parshin P. Toward a Linguistically Oriented Classification of Knowledge. Summary .....	116

Преображенский А.Б. Принципы организации словарей лингвистического процессора .....	II7
Preobradgensky A. The Principles of Natural Language System Dictionary Structure. Summary .....	I25
Сильдмяз И.Я. О когитологии .....	I26
Sildmäe I. Cogitology. Summary .....	I34
Толстопятова М.Ф. Систематическое представление и фреймы .....	I35
Tolstopjatova M. Semantic Representation and Frame. Summary .....	I47
Тьугу Э.Х. Вычислительные фреймы и структурный син- тез программ .....	I49
Tõugu E. Computational Frames and the Structural Synthesis of Programs. Summary .....	I62