

# Модели представления задач

# ЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Постановка и решение любой задачи всегда связаны с ее "погружением" в подходящую предметную область. Так, решая задачу составления расписания обработки деталей на металлорежущих станках, мы вовлекаем в предметную область такие объекты, как конкретные станки, детали, интервалы времени, и общие понятия "станок", "деталь", "тип станка" и т. п. Все предметы и события, которые составляют основу общего понимания необходимой для решения задачи информации, называются *предметной областью*. Мысленно предметная область представляется состоящей из реальных или абстрактных объектов, называемых *сущностями*.

Сущности предметной области находятся в определенных *отношениях* друг к другу (ассоциациях), которые также можно рассматривать как сущности и включать в предметную область. Между сущностями наблюдаются различные отношения подобия. Совокупность подобных сущностей составляет *класс сущностей*, являющийся новой сущностью предметной области.

# ЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Отношения между сущностями выражаются с помощью суждений. *Суждение* -это мысленно возможная ситуация, которая может иметь место для предъявляемых сущностей или не иметь места. В языке (формальном или естественном) суждениям отвечают *предложения*. Суждения и предложения также можно рассматривать как сущности и включать в предметную область.

Языки, предназначенные для описания предметных областей, называются *языками представления знаний*.

Универсальным языком представления знаний является естественный язык. Однако использование естественного языка в системах машинного представления знаний наталкивается на большие трудности ввиду присущих ему нерегулярностей, двусмысленностей, пресуппозиций и т. п. Но главное препятствие заключается в отсутствии формальной семантики естественного языка, которая имела бы достаточно эффективную операционную поддержку.

# ЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Для представления математического знания в математической логике давно пользуются логическими формализмами - главным образом *исчислением предикатов*, которое имеет ясную формальную семантику и операционную поддержку в том смысле, что для него разработаны механизмы вывода. Поэтому исчисление предикатов было первым логическим языком, который применили для формального описания предметных областей, связанных с решением прикладных задач.

Описания предметных областей, выполненные в логических языках, называются **(формальными) логическими моделями**.

# СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ

Введем ряд определений.

Под сущностью будем понимать объект произвольной природы. Этот объект может существовать в реальном мире. В этом случае он будет называться ***П-сущностью***.

В базе знаний ему соответствует некоторое описание, полнота которого определяется той информацией, которую имеет о П-сущности ИС. Такое представление в базе знаний называется ***М-сущностью***.

Отметим, что могут существовать М-сущности, для которых в окружающем ИС мире нет соответствующих П-сущностей. Такие М-сущности представляют собой **абстрактные объекты**, полученные в результате операций типа обобщения внутри базы знаний.

# СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ

Разделение на два типа сущностей позволяет использовать в сетевых моделях идеи, впервые сформулированные в теории *семиотических моделей* и основанном на них *ситуационном управлении*.

Под *семиотическими моделями проблемных областей* будет пониматься комплекс процедур, позволяющих отображать в базе знаний П-сущности и их связи, фиксируемые в проблемной области инженером по знаниям, в совокупность связанных между собой М-сущностей. Способ интерпретации взаимосвязанных П-сущностей будет называться *денотативной семантикой*, а способ интерпретации взаимосвязанных М-сущностей - *коннотативной семантикой*.

# СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ

П-сущность по отношению к соответствующей ей в базе знаний М-сущности называется *денотатом* или *референтом* этой М-сущности, а М-сущность по отношению к исходной П-сущности – ее *десигнатом*, *именем*, *меткой*, *идентификатором* и т. п.

**Десигнат** - это простейший элемент в сетевой модели. Он входит в класс терминальных объектов сетевой модели. **Терминальным объектом** называется М-сущность, которая не может быть разложена на более простые сущности. Остальные М-сущности называются **производными объектами** или производными М-сущностями.

# СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ

Перечень терминальных объектов, которые могут образовывать классы или типы, задается при проектировании ИС. Ими могут быть целые вещественные числа, идентификаторы, строки, списки и т. п. Семантика терминальных объектов определяется набором допустимых процедур, оперирующих с ними, например: арифметические действия над числами, сравнение между собой строк или идентификаторов, операции ввода-вывода, включающие необходимые трансформации представлений, и т. д.



# ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Продукции наряду с фреймами являются наиболее популярными средствами представления знаний в ИС. Продукции, с одной стороны, близки к логическим моделям, что позволяет организовывать на них эффективные процедуры вывода, а с другой стороны, более наглядно отражают знания, чем классические логические модели. В них отсутствуют жесткие ограничения, характерные для логических исчислений, что дает возможность изменять интерпретацию элементов продукции.

В общем виде под *продукцией* понимается выражение следующего вида:

**(i); Q; P; A=>B; N.**

# ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Здесь ***i*** - *имя продукции*, с помощью которого данная продукция выделяется из всего множества продукций. В качестве имени может выступать некоторая лексема, отражающая суть данной продукции (например, "покупка книги" или "набор кода замка"), или порядковый номер продукции в их множестве, хранящемся в памяти системы.

Элемент ***Q*** характеризует *сферу применения продукции*. Такие сферы легко выделяются в когнитивных структурах человека. Наши знания как бы "разложены по полочкам". На одной "полочке" хранятся знания о том, как надо готовить пищу, на другой - как добраться до работы и т. п. Разделение знаний на отдельные сферы позволяет экономить время на поиск нужных знаний. Такое же разделение на сферы в базе знаний ИС целесообразно и при использовании для представления знаний продукционных моделей.

# ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

**Основным** элементом продукции является ее *ядро*:  $A \Rightarrow B$ . Интерпретация ядра продукции может быть различной и зависит от того, что стоит слева и справа от знака секвенции  $\Rightarrow$ . Обычное прочтение ядра продукции выглядит так: **ЕСЛИ  $A$ , ТО  $B$** , более сложные конструкции ядра допускают в правой части альтернативный выбор, например, **ЕСЛИ  $A$ , ТО  $B_1$ , ИНАЧЕ  $B_2$** . Секвенция может истолковываться в обычном логическом смысле как знак логического следования  $B$  из истинного  $A$  (если  $A$  не является истинным выражением, то о  $B$  ничего сказать нельзя). Возможны и другие интерпретации ядра продукции, например  $A$  описывает некоторое условие, необходимое для того, чтобы можно было совершить действие  $B$ .

# ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Элемент  $P$  есть *условие применимости ядра продукции*. Обычно  $P$  представляет собой логическое выражение (как правило, предикат). Когда  $P$  принимает значение "истина", ядро продукции активизируется. Если  $P$  ложно, то ядро продукции не может быть использовано. Например, если в продукции "НАЛИЧИЕ ДЕНЕГ; ЕСЛИ ХОЧЕШЬ КУПИТЬ ВЕЩЬ  $X$ , ТО ЗАПЛАТИ В КАССУ ЕЕ СТОИМОСТЬ И ОТДАЙ ЧЕК ПРОДАВЦУ" условие применимости ядра продукции ложно, т. е. денег нет, то применить ядро продукции невозможно.

Элемент  $N$  описывает *постусловия продукции*. Они актуализируются только в том случае, если ядро продукции реализовалось. Постусловия продукции описывают действия и процедуры, которые необходимо выполнить после реализации  $V$ . Например, после покупки некоторой вещи в магазине необходимо в описи товаров, имеющихся в этом магазине, уменьшить количество вещей такого типа на единицу. Выполнение  $N$  может происходить не сразу после реализации ядра продукции.

# ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Если в памяти системы хранится некоторый набор продукций, то они образуют *систему продукций*. В системе продукций должны быть заданы специальные процедуры управления продукциями, с помощью которых происходит актуализация продукций и выбор для выполнения той или иной продукции из числа актуализированных.

В ряде ИС используются комбинации сетевых и продукционных моделей представления знаний. В таких моделях декларативные знания описываются в сетевом компоненте модели, а процедурные знания - в продукционном. В этом случае говорят о работе продукционной системы над семантической сетью.

# СЦЕНАРИИ

Особую роль в системах представления знаний играют стереотипные знания, описывающие известные стандартные ситуации реального мира. Такие знания позволяют восстанавливать информацию, пропущенную в описании ситуации, предсказывать появление новых фактов, которых можно ожидать в данной ситуации, устанавливать смысл происхождения ситуации с точки зрения более общего ситуативного контекста.

Для описания стереотипного знания используются различные модели. Среди них наиболее распространенными являются сценарии. *Сценарием* называется формализованное описание стандартной последовательности взаимосвязанных фактов, определяющих типичную ситуацию предметной области. Это могут быть последовательности действий или процедур, описывающие способы достижения целей действующих лиц сценария (например, обед в ресторане, командировка, полет самолета, поступление в вуз). В ИС сценарии используются в процедурах понимания естественно-языковых текстов, планирования поведения, обучения, принятия решений, управления изменениями среды и др.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

Предположим, что на вход ИС поступает текст. Будем говорить, то ИС понимает текст, если она дает ответы, правильные с точки зрения человека, на любые вопросы, относящиеся к тому, о чем говорится в тексте. Под "человеком" понимается конкретный человек-эксперт, которому поручено оценить способности системы к пониманию. Это вносит долю субъективизма, ибо разные люди могут по-разному понимать одни и те же тексты.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

В существующих ИС можно выделить пять основных уровней понимания и два уровня метапонимания.

*Первый уровень* характеризуется схемой, показывающей, что любые ответы на вопросы система формирует только на основе прямого содержания, введенного из текста. Если, например, в систему введен текст: "В восемь утра, после завтрака, Петя ушел в школу. В два часа он вернулся домой. После обеда он ушел гулять", то на первом уровне понимания система обязана уметь отвечать правильно на вопросы типа: "Когда Петя ушел в школу?" или "Что сделал Петя после обеда?". В лингвистическом процессоре происходит морфологический, синтаксический и семантический анализ текста и вопросов, относящихся к нему. На выходе лингвистического процессора получается внутреннее представление текста и вопросов, с которыми может работать блок вывода. Используя специальные процедуры, этот блок формирует ответы. Другими словами, уже понимание на первом уровне требует от ИС определенных средств представления данных и вывода на этих данных.



# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

*Второй уровень:* На втором уровне добавляются средства логического вывода, основанные на информации, содержащейся в тексте. Это разнообразные логики текста (временная, пространственная, каузальная и т. п., которые способны породить информацию, явно отсутствующую в тексте. Для нашего примера на втором уровне возможно формирование правильных ответов на вопросы типа: "Что было раньше: уход Пети в школу или его обед?" или "Гулял Петя после возвращения из школы?" Только построив временную структуру текста, ИС сможет ответить на подобные вопросы.

Схема ИС, с помощью которой может быть реализован второй уровень понимания, имеет еще одну базу знаний. В ней хранятся закономерности, относящиеся к временной структуре событий, возможной их пространственной организации, каузальной зависимости и т. п., а логический блок обладает всеми необходимыми средствами для работы с псевдофизическими логиками.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

*Третий уровень:* К средствам второго уровня добавляются правила пополнения текста знаниями системы о среде. Эти знания в ИС, как правило, носят логический характер и фиксируются в виде сценариев или процедур иного типа. На третьем уровне понимания ИС должна дать правильные ответы на вопросы типа: "Где был Петя в десять утра?" или "Откуда Петя вернулся в два часа дня?" Для этого надо знать, что означает процесс "пребывание в школе" и, в частности, что этот процесс является непрерывным и что субъект, участвующий в нем, все время находится "в школе".

Схема ИС, в которой реализуется понимание третьего уровня, внешне не отличается от схемы второго уровня. Однако в логическом блоке должны быть предусмотрены средства не только для чисто дедуктивного вывода, но и для вывода по сценариям.

Три перечисленных уровня понимания реализованы во всех практически работающих ИС. Первый уровень и частично второй входят в разнообразные системы общения на естественном языке.

Следующие два уровня понимания реализованы в существующих ИС лишь частично.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

*Четвертый уровень:* Вместо текста в ней используется расширенный текст, который порождается лишь при наличии двух каналов получения информации. По одному в систему передается текст, по другому-дополнительная информация, отсутствующая в тексте. При человеческой коммуникации роль второго канала, как правило, играет зрение. Более одного канала коммуникации имеют интеллектуальные роботы, обладающие зрением.

Зрительный канал коммуникации позволяет фиксировать состояние среды "здесь и сейчас" и вводить в текст наблюдаемую информацию. Система становится способной к пониманию текстов, в которые введены слова, прямо связанные с той ситуацией, в которой порождается текст. На более низких уровнях понимания нельзя понять, например, текст: "Посмотрите, что сделал Петя! Он не должен был брать это!" При наличии зрительного канала процесс понимания становится возможным.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

При наличии четвертого уровня понимания ИС способна отвечать на вопросы типа: "Почему Петя не должен был брать это?" или "Что сделал Петя?" Если вопрос, поступивший в систему, соответствует третьему уровню, то система выдает нужный ответ. Если для ответа необходимо привлечь дополнительную ("экзегетическую") информацию, то внутреннее представление текста и вопроса передается в блок, который осуществляет соотнесение текста с той реальной ситуацией его порождения, которая доступна ИС по зрительному или какому-нибудь иному каналу фиксации ситуации внешнего мира.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

*Пятый уровень:* Для ответа на этом уровне ИС кроме текста использует информацию о конкретном субъекте, являющемся источником текста, и хранящуюся в памяти системы общую информацию, относящуюся к коммуникации (знания об организации общения, о целях участников общения, о нормах участия в общении). Теория, соответствующая пятому уровню - это так называемая теория речевых актов.

Было обращено внимание на то, что любая фраза не только обозначает некое явление действительности, но и объединяет в себе три действия: *локуцию, иллокуцию и перлокуцию*. Локуция - это говорение как таковое, т. е. те действия, которые говорящий произвел, чтобы высказать свою мысль. Иллокуция - это действие при помощи говорения: вопрос, побуждение (приказ или просьба) и утверждение. Перлокуция - это действие, которым говорящий пытается осуществить некоторое воздействие на слушающего: "льстить", "удивлять", "уговаривать" и т. д. *Речевой акт* можно определить как минимальную осмысленную (или целесообразную) единицу речевого поведения. Каждый речевой акт состоит из локутивного, иллокутивного и перлокутивного акта.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

Для четвертого и пятого уровней понимания интересны результаты по невербальным (несловесным) компонентам общения и психологическим принципам, лежащим в основе общения. Кроме того, в правила пополнения текста входят правила вывода, опирающиеся на знания о данном конкретном субъекте общения, если такие знания у системы есть. Например, система может доверять данному субъекту, считая, что порождаемый им текст истинен. Но может не доверять ему и понимать текст, корректируя его в соответствии со своими знаниями о субъекте, породившем текст. Знания такого типа должны опираться на психологические теории общения, которые пока развиты недостаточно.

Например, на вход системы поступает текст: "Нина обещала скоро прийти". Если о Нине у системы нет никакой информации, она может обратиться к базе знаний и использовать для оценки временного указателя "скоро некоторую нормативную информацию. Из этой информации можно узнать, что с большой долей уверенности "скоро" не превышает полчаса. Но у системы может иметься специальная информация о той Нине, о которой идет речь во входном тексте. В этом случае система, получив нужную информацию из базы знаний, может подготовиться, например, к тому, что Нина скорее всего придет не ранее чем через час.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

*Первый метауровень:* На этом уровне происходит изменение содержимого базы знаний. Она пополняется фактами, известными системе и содержащимися в тех текстах, которые в систему введены. Разные ИС отличаются друг от друга характером правил порождения фактов из знаний. Например, в системах, предназначенных для экспертизы в области фармакологии, эти правила опираются на методы индуктивного вывода и распознавания образов. Правила могут быть основаны на принципах вероятностей, размытых выводов и т. п. Но во всех случаях база знаний оказывается априорно неполной и в таких ИС возникают трудности с поиском ответов на запросы. В частности, в базах знаний становится необходимым немонотонный вывод.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

*Второй метауровень:* На этом уровне происходит порождение метафорического знания. Правила порождения знаний метафорического уровня, используемые для этих целей, представляют собой специальные процедуры, опирающиеся на вывод по аналогии и ассоциации. Известные в настоящее время схемы вывода по аналогии используют, как правило, диаграмму Лейбница, которая отражает лишь частный случай рассуждений по аналогии. Еще более бедны схемы ассоциативных рассуждений.



# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

Если рассматривать уровни и метауровни понимания с точки зрения архитектуры ИС, то можно наблюдать последовательное наращивание новых блоков и усложнение реализуемых ими процедур. На первом уровне достаточно лингвистического процессора с базой знаний, относящихся только к самому тексту. На втором уровне в этом процессоре возникает процедура логического вывода. На третьем уровне необходима база знаний. Появление нового канала информации, который работает независимо от исходного, характеризует четвертый уровень. Кроме процедур, связанных с работой этого канала, появляются процедуры, увязывающие между собой результаты работы двух каналов, интегрирующие информацию, получаемую по каждому из них. На пятом уровне развитие получают разнообразные способы вывода на знаниях и данных. На этом уровне становятся важными модели индивидуального и группового поведения. На метауровнях возникают новые процедуры для манипулирования знаниями, которых не было на более низких уровнях понимания. И этот процесс носит открытый характер. Понимание в полном объеме - некоторая, по-видимому, недостижимая мечта. Но понимание на уровне "бытового понимания" людей в ИС вполне достижимо.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОНИМАНИЯ

Существуют и другие интерпретации феномена понимания. Можно, например, оценивать уровень понимания по способности системы к объяснению полученного результата. Здесь возможен не только уровень *объяснения*, когда система объясняет, что она сделала, например, на основе введенного в нее текста, но и уровень *обоснования (аргументации)*, когда система обосновывает свой результат, показывая, что он не противоречит той системе знаний и данных, которыми она располагает. В отличие от объяснения обоснование всегда связано с суммой фактов и знаний, которые определяются текущим моментом существования системы. И вводимый для понимания текст в одних состояниях может быть воспринят системой как истинный, а в других-как ложный. Кроме объяснения и обоснования возможна еще одна функция, связанная с пониманием текстов,- *оправдание*. Оправдать нечто означает, что выводимые утверждения не противоречат той системе норм и ценностей, которые заложены в ИС. Существующие ИС типа экспертных систем, как правило, способны давать объяснения и лишь частично обоснования. В полном объеме процедуры обоснования и оправдания еще не реализованы.