

# Интеллектуальные системы машиностроения

## Лекция 2.1.

### Методы представления знаний.

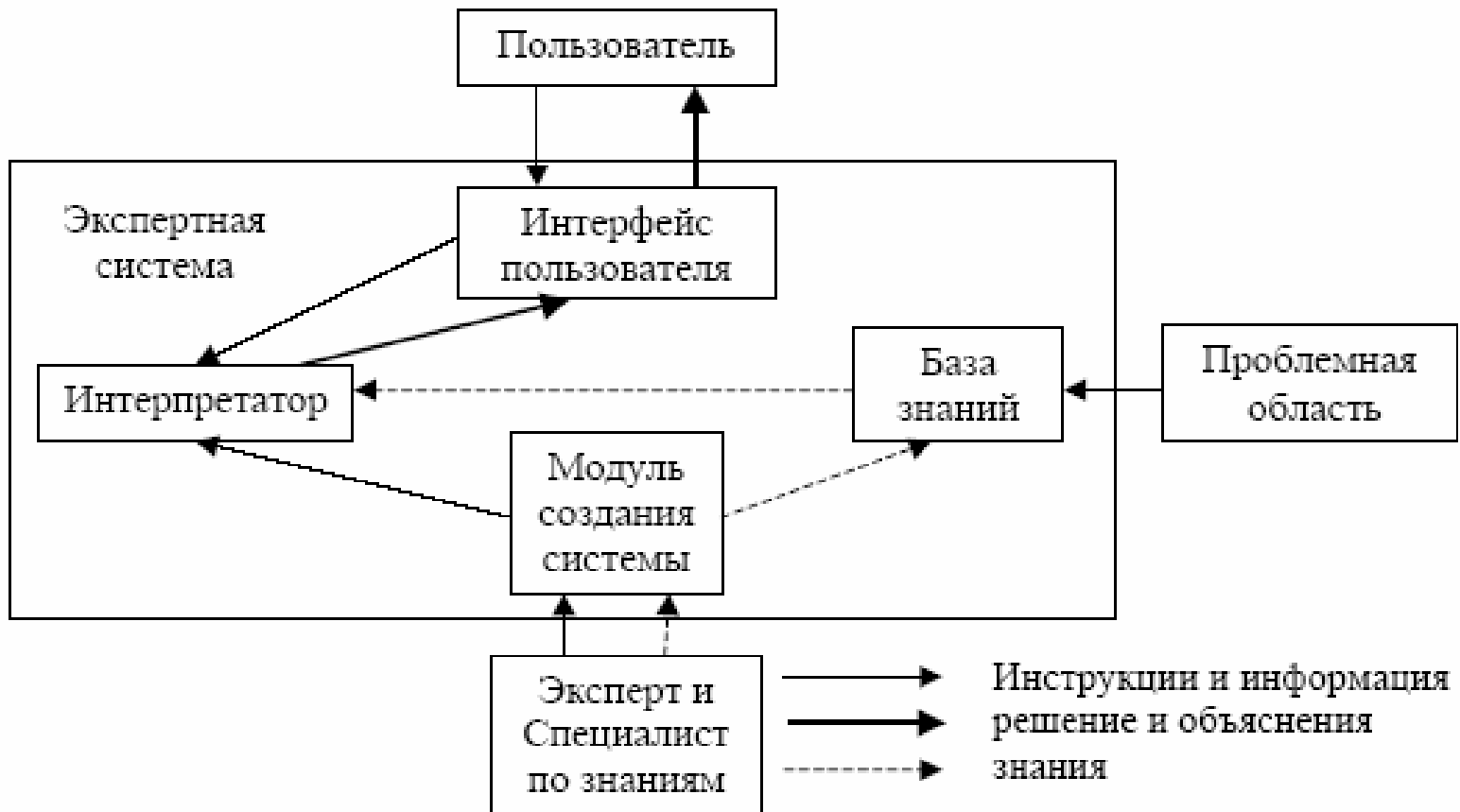
# Представление знаний в системах искусственного интеллекта

- **Основной особенностью интеллектуальных систем** является то, что они основаны на знаниях, а вернее, на некотором их представлении.
- **Знания** здесь понимаются как хранимая информация, формализованная в соответствии с некоторыми правилами, которую ЭВМ может использовать при логическом выводе по определенным алгоритмам.
- Наиболее фундаментальной и важной проблемой является описание смыслового содержания проблем самого широкого диапазона, т.е. должна использоваться такая форма описания знаний, которая гарантировала бы правильную обработку их содержимого по некоторым формальным правилам. Эта проблема называется **проблемой представления знаний**.

# Получение знаний

- Знания могут формализованы и вложены в системы человеком
  - Системы, основанные на знаниях (инженерия знаний, экспертные системы)
- Знания могут быть результатом обучения системы (с учителем или без учителя)
  - Обучающиеся системы (Computational Intelligence, когнитивные системы, нейронные сети, интеллектуальные роботы)

# Структура экспертной системы. Пример системы, основанной на знаниях



# Отличие знаний от данных

- Более структурированы и связны, т.е. самое важное в знаниях не сами данные, а связи между ними
- Более самоинтерпретируемы
- Отвечают не только на вопросы «что», «кто», «где», «когда», но и на вопросы «как» и «почему»
- Субъективны в отличие от объективности данных
- Могут быть противоречивы, не полны и не точны

# Методы представления знаний

- В настоящее время наиболее используемые подходы к **представлению знаний** в интеллектуальных системах:
- Методы инженерии знаний, ориентированные на формализацию знаний:
  - логические модели, в том числе продукционные;
  - семантические сети;
  - фреймы;
- Методы, ориентированные на обучение:
  - нейронные сети;
  - байесовские сети (условные вероятности)

# Другая классификация методов представления знаний

- Логические
- Эвристические
- Нейронные сети
- Вероятностные

# Еще одна ...





# Логические

- Логика предикатов 1-го порядка
- Модальные логики
- Нечеткие логики
- Псевдофизические логики
- Дескрипторная логика

# Эвристические

- Правила-продукции
- Семантические сети
- Фреймы

# Знания



# Декларативные и процедурные знания

- *Декларативные знания* состоят из множества описаний состояний и условий переходов между ними, которые носят синтаксический (символьный) характер и не содержат в явном виде описания исполняющих процедур.
  - Вывод и принятие решений осуществляется процедурами поиска в пространстве состояний, которые учитывают семантику (смысл) конкретной предметной области. Универсальность и общность декларативных знаний обеспечивается разделением синтаксических и семантических знаний.
- *Процедурные знания* включают исходные состояния и явные описания процедур, обрабатывающих исходные знания при необходимости получения состояния полного множества производных знаний.
  - Это позволяет отказаться от хранения всех состояний БЗ, требуемых при выводе и принятии решений. Здесь семантика вводится в описания процедур, генерирующих синтаксические знания. Так экономится память при хранении знаний, но возможности выполнения процедур ухудшаются.

# Процедурные и декларативные знания

- Чисто процедурные знания – описание алгоритма на каком-то алгоритмическом языке
- Если в этой программе есть описание переменных, а особенно, таких как массивы, структуры, объекты, то это уже декларативная составляющая знания
- Чисто декларативные знания – реляционная база знаний в простой СУБД (без встроенных процедур, не в MS Access), например, в MySQL.

# Структурные и параметрические ЗНАНИЯ

- По характеру представления знания могут быть структурными или параметрическими.
- *Структурное представление знаний* характеризует отношения фактов или объектов.
- Структура знаний может изменяться, за счет чего производится их конкретизация при описании заданной проблемной области. В динамических БЗ структура знаний может изменяться эволюционно или адаптивно
- *Параметрическое представление знаний* характеризуется фиксированной структурой и изменяемыми параметрами в фактах или объектах. Конкретизация знаний под задачу производится только настройкой параметров. Часть параметров обычно используется для настройки силы связей или отношений вплоть до их отключения.

# Модель знаний

- *Модель знаний* является представлением системы знаний с помощью определенного *формализма*, т.е, универсального математического аппарата для корректного формального описания и построения процедуры решения задачи.
- Могут использоваться такие формализмы, как функциональный, основанный на  $\lambda$ -исчислении, логический на исчислении предикатов первого порядка, алгоритмический на базе формальной машины Тьюринга и объектный — на базе теории факторов.
- Модели знаний можно разделить на реляционные, объектные и ассоциативные, причём каждая модель может иметь ряд форм, определяющих ее конкретные реализации.

# Реляционная модель знаний

- Эта модель использует понятие формальной системы, задаваемой как

$$R = (T, P, A, F),$$

где  $R$  - система отношений,

$T$  - множество базовых элементов,

$P$  – множество синтаксических правил, позволяющих строить из множества элементов  $T$  синтаксически правильные выражения;

$A$  - множество априорно истинных выражений (аксиом);

$R$  - семантические правила ввода, позволяющие расширить множество  $A$  за счет других выражений.



# Реляционная модель (2)

- В основе реляционной модели лежат теория отношений и логика. Исторически эта модель имеет корни в исчислении высказываний, от которого позже перешли к исчислению предикатов (отношений).
- Развитие автоматических процедур доказательства, основанных на унификации, резолюции и эвристическом поиске, позволило использовать логические программы из предикатов для формализации знаний и вывода.

# Формы реляционной модели

- *Предикатная форма* является наиболее строгой и доказательной. Она имеет мощную программную поддержку в виде универсального языка логического программирования PROLOG, фактически применяемого как оболочку для разработки логических интеллектуальных систем.
- *Продукционная форма* менее строгая, но более популярная, используется для представления знаний в виде имплицативных отношений и связок И и ИЛИ между фактами. Вывод в такой системе знаний осуществляется на основе дедуктивной логики и процедур эвристического поиска. Продукционная форма также поддерживается программно, но специализированными средствами типа языка разработки систем продукций (OPS-5 и пр.).
- *Лингвистическая форма* является развитием продукционной для применения в естественно-языковых системах (общение с ЭВМ, машинный перевод), Она поддерживается специализированными языками типа ATNL.

# Объектная модель знаний

Эта модель использует понятие формальной системы, задаваемой как:

$$N = (C, O, S, I),$$

где:  $N$  — сеть объектов, связанных разными отношениями;

$C$  - множество классов объектов, связанных отношениями классов;

$O$  - множество объектов, связанных отношениями объектов;

$S$  - структура классов и объектов, определяющая конкретные связи между ними;

$I$  – правила преобразования объектов и вывода на сети объектов.

# Объектная модель знаний (2)

- В основе объектной модели лежат теория семантических и фреймовых сетей, а также теория акторов.
- Исследования в области семантической памяти, а также методов запоминания и обработки сложных образов в мозгу человека привели к разработке семантических и фреймовых моделей знаний. С другой стороны, развитие методов моделирования реального мира вылилось в формирование объектного подхода при проектировании и программировании систем моделирования. Общим для этих подходов явилось понятие объекта знаний как основного действующего элемента сетевой системы знаний. В простейшем случае объект знания – это понятие в узле семантической сети, связанное с другими подобными объектами различными отношениями. В более сложном случае объект знаний – фрейм, содержащий декларативные знания и процедуры, позволяющие выполнять некоторые действия над ними.
- Универсальным вариантом объекта знаний является объект, содержащий данные или знания любого вида и имеющий процедуры, выполняющие любые действия над ними. Система таких объектов знаний строится как иерархическая, поддерживающая любую структуру классов и объектов. Вывод в такой системе осуществляется в соответствии с правилами, определяющими обмен информацией между объектами с учетом отношений классов и объектов типа наследования, морфизма и пр., а также с правилами преобразований в объектах при наступлении событий.

# Объектная модель знаний (3)

- При построении интеллектуальных систем используются семантическая, фреймовая и универсальная формы объектной модели знаний.
- Наиболее простая форма *семантической сети* часто применяется для отображения системы понятий в проблемной области и вывода в этой системе. Она поддерживается специализированными языками семантических сетей, таких как NETL, ATNL.
- *Фреймовая форма* является мощным средством построения больших иерархических систем знаний при обработке изображений, речевых образов, процессов управления, диагностирования и пр. Для поддержки разработки фреймовых систем используются основанные на LISP языковые средства типа FRL, FMS и др.
- *Универсальная объемная форма* в настоящее время развивается и часто используется в практических разработках мощных распределенных сетевых систем знаний для моделирования, управления, проектирования и пр. Программная поддержка этой формы знаний обширна: основанные на LISP языки типа CLOS, LOOPS и др., объектно-ориентированные языки типа Smalltalk, C++ и др.
- Развитие реляционной и объектной моделей знаний происходит в рамках символистского направления в искусственном интеллекте.

# Ассоциативная модель знаний

Эта модель использует понятие формальной системы, задаваемой как

$$A = (U, C, L, I),$$

где  $A$  — ассоциативная сеть представления знаний;

$U$  - множество узловых элементов ассоциативной сети;

$C$  — множество коннекций (контактных связей) элементов;

$L$  - множество правил построения сети и определения параметров коннекций;

$I$  — правила ассоциативного вывода (процедуры процессирования знаний).

# Ассоциативная модель знаний (2)

- В основе ассоциативной модели знаний лежат ассоциативная логика, нейродинамика и когнитология. Исторически эта модель имеет корни в психологии и нейродинамике.
- Развитие в рамках психологии представлений о памяти, обучении и мышлении и формализации некоторых из них в нейродинамике привело к разработке *ассоциативного подхода (коннекционистского)* в искусственном интеллекте.

# Ассоциативная модель знаний (3)

- Общим для ассоциативного подхода является представление знаний в виде ассоциативной сети узловых элементов, имеющих коннекции между собой в соответствии с решаемой задачей. Здесь под *коннекцией* понимается регулируемая контактная связь между элементами.
- Именно управляемые коннекции обеспечивают такому представлению знаний свойство ассоциативности, т.е. способности системы давать наиболее вероятные решения на выходе даже по части входного вектора за счет параллельного процессирования информации, распространяемой по сети узловых элементов, с учетом силы коннекций.
- Другой стороной ассоциативного подхода является возможность обеспечения *когнитивности* как способности формирования знаний путем обучения и обработки их в реальном времени подобно тому, как это делает нервная система человека.



# Ассоциативная модель знаний (4)

- Обучение здесь рассматривается как процесс установления коннекций узловых элементов путём минимизации соответствующего критерия (функция цены, энергетическая функция) при запоминании ряда правильных примеров поведения системы.
- Реальное время решения задач обеспечивается за счёт неассоциативного вывода путём параллельного процессирования знаний.
- Когнитивность сближает такие системы по эффективности с биологическим прототипом – нервной системой человека.
- Разные проявления ассоциативной модели вылились в ассоциативные логическую, нейронную формы.

# Логическая форма ассоциативной модели

- *Логическая форма* ассоциативной модели знания основана на использовании в узловых элементах сети логических вычислительных базисов: предикатного, продукционного, семантического.
- Наиболее часто процессирование информации в элементах сети осуществляется в нечетко-логическом, вероятностно логическом базисах. При этом в узлах вычисляются оценки в виде степеней принадлежности к нечетким множествам или вероятности фактов-событий с учетом силы коннекций. Такие системы находят применение при управлении динамическими объектами, распознавании образов и пр.
- Примеры – байесовы сети, цепи Маркова.

# Нейронная форма ассоциативной модели

- *Нейронная форма* предполагает использование в узловых элементах (формальных нейронах) сети мультипликативно-аддитивного базиса с пороговым или линейно ограниченным выходом.
- Сила коннекций трактуется здесь как сила синаптических связей нейронов и определяется только путем обучения.
- Нейронная форма ассоциативного отображения знаний по сравнению с простой нейросетью всегда структурирована, т. е. состоит из связанных локальных нейросетей, объединенных иерархически. Такая сложная структура может обладать свойством когнитивности, что отражается в названиях нейромоделей: COGNITRON, NEOCOGNITRON и пр.
- Развитие таких моделей происходит в рамках коннективистского направления в искусственном интеллекте. Нейронные системы эффективны при решении задач классификации и аппроксимации.

# Универсальная форма ассоциативной модели

- *Универсальная форма* ассоциативной модели знаний использует базис узловых элементов сети, настраиваемый из условий наилучшего отображения системы знаний.
- Как правило такая форма применяется для представления сложных систем знаний, поэтому она имеет средства структуризации. Компонентом структуры может быть объект, содержащий локальную систему знаний, средства наполнения или коррекции ее путем обучения и интерфейсные средства вводы-вывода и обмена с другими объектами. Такой объект может быть назван когнитивным, а сами системы — *когнитивными системами*. В настоящее время когнитивные системы на ассоциативной модели знаний интенсивно изучаются.

# Ассоциативная модель знаний (5)

- Программная поддержка ассоциативных интеллектуальных систем осуществляется только специализированными инструментальными средствами такими, как
  - пакет для разработки ассоциативной памяти STARAN,
  - нейросетевой пакет BRAINMAKER,
  - пакет для разработки нечетких систем FUZZY TECH и др.