**Л 3. Формализация знаний в ИС**

1. Основные понятия и определения. Проблемная область.
2. Данные и знания.
3. Свойства, характеристики знаний.
4. Процедурные и декларативные знания.
5. Классификация знаний
6. Формальные языки.
7. Модели представления знаний
8. Классификация моделей знаний
9. Логические, продукционные, сетевые, фреймовые модели представления знаний

Вступление

Понятие искусственного интеллекта можно трактовать в **широком** и **узком** смыслах слова.

В **широком** смысле слова искусственный интеллект есть научное направление, в рамках которого ставятся и решаются задачи аппаратного или программного планирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными (разумными). При этом термин интеллектуальные в применении к видам человеческой деятельности означает, что их до недавнего времени способен был осуществлять только человек.

В **узком** смысле слова под искусственным интеллектом понимается программная система, имитирующая на компьютере мышление человека.

**Предметом изучения ИИ** являются методы анализа и синтеза ЭВМ с интеллектуальными способностями.

**Объект изучения в дисциплине ИС** — рассмотрение процессов решения задач, характеризующихся высокой степенью сложности и эвристикой.

В теории ИИ можно выделить **два основных направления** их исследования: **общетеоретическое**, связанное с разработкой моделей и методов реализации отдельных аспектов получения и преобразования знаний и **прикладное**, нацеленное на разработку комплексных технологий конечных пользователей.

Технически интеллектуальные системы - технические и программные системы, ориентированные на решение большого и очень важного класса задач, называемых неформализованными.

Система становится интеллектуальной, если в ней: **данные заменяются на знания**; алгоритмы функционирования заменяются на методы искусственного интеллекта.

ИС особенно эффективны в применении к слабо структурированным задачам, в которых отсутствует строгая формализация, и для решения которых применяются эвристические процедуры, позволяющие в большинстве случаев получить решение.

1. **Основные понятия и определения.** **Проблемная область**

**Формализация знаний** — приведение знаний, поступающих из разных источников, к одинаковой форме, для повышения их доступности.

**Понятие «Знание» в ИИ**

***Знания*** - это совокупность сведений о сущностях (объектах, предметах) реального мира, их свойствах и отношениях между ними в определенной *предметной области.*

Иными словами,***знания*** - это выявленные закономерности***предметной области*** (принципы, связи, законы), позволяющие решать задачи в этой области. С точки зрения *ИИ знания* можно определить как формализованную информацию, на которую ссылаются в процессе логического вывода.

В этом случае, под *ПрО* понимается область человеческих знаний, в терминах которой формулируются задачи и в рамках которой они решаются. Т.е. *ПрО* представляется описанием части реального мира, которое в силу своей приближенности рассматривается как ее *информационная модель.*

***Проблемная область*** - это содержательное описание в терминах *ПрО* проблемы совместно с комплексом условий, факторов и обстоятельств, вызвавших ее возникновение.

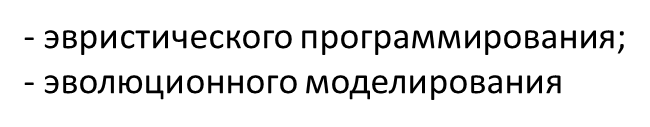
В исследованиях по *ИИ* можно выделить два основных направления:

***программно****-****прагматическое*** («не имеет значения, как устроено «мыслящее» устройство, главное, чтобы на заданные входные воздействия оно реагировало, как человеческий мозг»).

К ярким представителем программно-прагматического направленияможно отнести **экспертные системы** *-* сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов - экспертов для обеспечения высокоэффективного решения неформализованных задач в узкой предметной области.

**б*ионическое*** («единственный объект, способный мыслить - это человеческий мозг, поэтому любое «мыслящее» устройство должно каким-то образом воспроизводить его структуру»). В рамках данного подхода сформировалась новая наука *нейроинформатика.*





1. **Данные и знания**

**Общепризнанного определения знания**, как и определения **искусственного интеллекта**, не существует. Известные трактовки этого понятия отражают его различные аспекты, поэтому приведем несколько определений.

Наиболее общее определение трактует **знание** как **всю совокупность данных (информации), необходимую для решения задачи**. В этом определении подчеркивается, что данные в привычном понимании также являются знаниями. Однако знания в информационном плане не ограничиваются рамками данных.

(Данные — представление фактов и идей в формализованном виде, пригодном для передачи и обработки в некотором информационном процессе.)

В полном объеме **информация**, содержащаяся в **знаниях**, должна включать сведения о: **системе понятий предметной области, в которой решаются задачи; системе понятий формальных моделей, на основе которых решаются задачи; соответствии систем понятий, упомянутых выше; методах решения задачи; текущем состоянии предметной области.**

Из перечисленных компонентов только последний (**текущее состояние предметной области**) в явном виде соответствует понятию **"данные".**

В целом обо всей приведенной выше информации иногда говорят, что она составляет **проблемную область** решаемой задачи.

1. **Свойства, характеристики знаний**

Несмотря на сложности формулировки определения **знания** считается общепризнанным, что знания имеют ряд свойств, позволяющих отличать их от данных: **внутреннюю интерпретируемость; внутреннюю (рекурсивную) структурированность; внешнюю взаимосвязь единиц; шкалирование; погружение в пространство с семантической метрикой; активность.**

Если данные обладают этими свойствами, можно говорить о перерастании данных в знания.

Раскроем подробнее приведенные выше **свойства** знаний.

**Внутренняя интерпретируемость** означает наличие в памяти ЭВМ сведений не только о значении, но и о наименовании информационной единицы. Следует отметить, что это свойство присуще некоторым моделям представления данных, например, реляционной.

**Внутренняя (рекурсивная) структурированность** отражает вложенность одних информационных единиц в другие или в самих себя. Она предусматривает установку отношений принадлежности элементов к классу, родовидовые отношения типа «часть-целое» и т.п. В целом внутренняя структурированность характеризует структуру знания.

**Внешняя взаимосвязь единиц** определяет, с какой информационной единицей имеет связь данная информационная единица и какова эта связь. С помощью этого свойства устанавливается связь различных отношений, отражающих семантику и прагматику связей понятий, а также отношений, отражающих смысл системы в целом.

Отдельные информационные единицы не могут описывать динамические ситуации, когда некоторые факты, содержащиеся в структуре одной единицы, вступают в ситуативную связь с фактами или явлениями, описанными в структуре другой единицы. Для описания таких связей используются специальные информационные элементы, в которых указываются имена взаимосвязанных информационных единиц и имена существующих отношений.

**Шкалирование** означает использование шкал, предназначенных для фиксации соотношения различных величин. Прежде всего шкалирование необходимо для фиксации соотношений качественной информации.

**Погружение в пространство с семантической метрикой** используется для задания меры близости информационных единиц.

**Пример**. Пусть разработано несколько вариантов построения системы связи. Требуется определить, насколько структура существующей системы связи близка к одному из имеющихся вариантов. Для этого можно использовать метод матриц сходства - различия, в соответствии с которым матрицы заполняются оценками попарного сходства и различия элементов структур реальной системы связи и рассматриваемого варианта. В качестве оценок обычно выступают числа в диапазоне от -1 до +1 при условии, что -1 характеризует полное различие, а +1 - полное сходство.

На основании матриц сходства - различия определяется степень сходства текущей ситуации с заранее заданной (планируемой).

**Активность** знаний выражается в возможности вызова той или иной процедуры в зависимости от структуры, сложившейся между информационными единицами.

Активность знаний обусловлена тем, что в отличие от обычных программ, в которых процедуры играют роль активаторов данных, в интеллектуальных системах определенная структура данных активизирует выполнение той или иной процедуры. Практически это осуществляется включением в состав информационной единицы элемента, содержащего имя процедуры, или представлением знаний в виде правил, причем правила записываются в следующем виде: "если произошли события А1 и А2 и ... и Ак, то необходимо выполнить процедуру В". Использование правил значительно упрощает объяснение того, как и почему получено то или иное заключение (вывод).

Перечисленные особенности информационных единиц определяют ту грань, за которой данные превращаются в знания, а базы данных перерастают в *базы знаний* (БЗ). Совокупность средств, обеспечивающих работу со знаниями, образует *систему управления базой знаний* (СУБЗ). В настоящее время не существует баз знаний, в которых в полной мере были бы реализованы все пять особенностей знаний.

***Базы данных*** фиксируют **экстенсиональную** семантику заданной проблемной области, состояние конкретных объектов, конкретные значения параметров для определенных моментов времени и временных интервалов.***База знаний*** определяет **интенсиональную** семантику моделей и содержит описание абстрактных сущностей: объектов, отношений, процессов.

Если рассматривать знания с точки зрения решения задач в некоторой предметной области, то их удобно разделить на две большие категории - **факты** и **эвристику**.



Первая категория указывает обычно на хорошо известные в данной предметной области обстоятельства, поэтому знания этой категории иногда называют текстовыми, подчеркивая их достаточную освещенность в специальной литературе или учебниках. Вторая категория знаний основывается на собственном опыте специалиста (эксперта) в данной предметной области, накопленном в результате многолетней практики.

1. **Процедурные и декларативные знания**

Знания можно разделить на процедурные и декларативные. Декларативные знания - это совокупность сведений о качественных и количественных характеристиках конкретных объектов, явлений и их элементов, представленных в виде фактов и эвристик. Традиционно такие знания накапливались в виде разнообразных таблиц и справочников, а с появлением ЭВМ приобрели форму информационных массивов (файлов) и баз данных. Процедурные знания хранятся в памяти ИИС в виде описаний процедур, с помощью которых их можно получить. В виде процедурных знаний обычно описывается информация о предметной области, характеризующая способы решения задач в этой области, а также различные инструкции, методики и тому подобная информация. Другими словами, процедурные знания - это методы, алгоритмы, программы решения различных задач, последовательности действий (в выбранной проблемной области) - они составляют ядро баз знаний.

Таким образом, при использовании знаний происходит переход к формуле

**знания + вывод = система.**

**Работа со знаниями**, иначе называемая **обработкой знаний**, лежит в основе всего современного периода развития ИИ. В свою очередь обработка знаний включает в себя:

***извлечение знаний*** из источников (под источниками понимаются материальные средства хранения знаний, а также события и явления, но при этом считается, что человек источником не является);

***приобретение знаний*** от профессионалов (экспертов); ***представление знаний,*** т.е. их формализация, позволяющая в дальнейшем использовать знания для проведения логического вывода на ЭВМ;

***манипулирование знаниями,*** включающее пополнение, классификацию, обобщение знаний и вывод на знаниях;

***объяснение на знаниях,*** позволяющее дать ответ, как и почему проведен тот или иной вывод.

В памяти ЭВМ знания представляются в виде некоторой знаковой системы. С понятием "знак" связываются понятия "**экстенсионал**" и "**интенсионал**".

**Экстенсионал знака** - это его конкретное значение или класс допустимых значений.

**Интенсионал знака** - это его смысл, характеристика содержания. Интенсионал знака определяет содержание связанного с ним понятия.



Соответственно различают два типа знаний: экстенсиональные и интенсиональные.

**Экстенсиональные знания** - это набор количественных и качественных характеристик различных конкретных объектов. Они представляются перечислениями объектов предметной области, экземпляров объектов, свойств объектов. Иными словами, экстенсиональные знания - это данные, хранящиеся в базах данных.

Иногда экстенсиональные знания называются предметными, или фактографическими знаниями.

**Интенсиональные знания** - это совокупность основных терминов, применяемых в проблемной области, и правил над ними, позволяющих получать новые знания. Интенсиональные знания описывают абстрактные объекты, события, отношения.

Интенсиональные знания подразделяются на декларативные, процедуральные и метазнания.

**Декларативные знания** отражают понятия проблемной области и связи между ними. Они не содержат в явном виде описания каких-либо процедур. Иначе декларативные знания называются понятийными, или концептуальными.

**Процедуральные знания** описывают процедуры, т.е. указывают операции над понятиями, позволяющие получать новые понятия. В отличие от декларативных знаний они содержат в явном виде описания процедур. Примером процедуральных знаний является программа, хранящаяся в памяти ЭВМ. Иногда процедуральные знания называются алгоритмическими.

**Метазнания** - это знания об организации всех остальных типов знаний. Иначе они называются специальными. Метазнания содержат признаки декларативных и процедуральных знаний.

**Поверхностные** — знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области.

**Глубинные** — абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и природу процессов, протекающих в предметной области. Эти знания объясняют явления и могут использоваться для прогнозирования поведения объектов.

1. **Классификация знаний (по глубине и жесткости)**



Классификация знаний по «глубине»



Классификация знаний по «жесткости»

1. **Формальные языки**

Формализованный (формальный) язык - язык, характеризующийся точными правилами построения выражений и их понимания. Он строится в соответствии с четкими правилами, обеспечивая непротиворечивое, точное и компактное отображение свойств и отношений изучаемой предметной области (моделируемых объектов).

В отличие от естественных языков формальным языкам присущи четко сформулированные правила семантической интерпретации и синтаксического преобразования используемых знаков, а также то, что смысл и значение знаков не изменяется в зависимости от каких-либо прагматических обстоятельств (например, от контекста).

Большинство формальных языков (созданных конструкций) строится по следующей схеме: сначала выбирается алфавит, или совокупность исходных символов, из которых будут строиться все выражения языка; затем описывается синтаксис языка, то есть правила построения осмысленных выражений. Буквами в алфавите формального языка могут быть и буквы алфавитов естественных языков, и скобки, и специальные знаки и т.п. Из букв, по определенным правилам можно составлять слова и выражения. Осмысленные выражения получаются в формальном языке, только если соблюдены определенные в языке правила образования. Для каждого формального языка совокупность этих правил должна быть строго определена и модификация любого из них приводит чаще всего к появлению новой разновидности (диалекта) этого языка.

Формальные языки широко применяются в науке и технике. В процессе научного исследования и практической деятельности формальные языки обычно используются в тесной взаимосвязи с естественным языком, поскольку последний обладает гораздо большими выразительными возможностями. В то же время формальный язык является средством более точного представления знаний, чем естественный язык, а следовательно, средством более точного и объективного обмена информацией между людьми.

Формальные языки часто конструируются на базе языка математики. Веком бурного развития различных формальных языков можно считать XX век.

С точки зрения информатики, среди формальных языков наиболее значительную роль играют формальный язык логики (язык алгебры логики) и языки программирования.

Возникновение языков программирования приходится на начало 50-х годов XX в.

Языков программирования и их диалектов (разновидностей) насчитывается несколько тысяч. Классифицировать их можно по-разному. Некоторые авторы разбивают все многообразие языков программирования на процедурные и декларативные. В процедурных языках преобразование данных задается с помощью описания последовательности действий над ними. В декларативных языках преобразование данных задается посредством описания отношений между самими данными. Согласно другой классификации, языки программирования можно разделить на процедурные, функциональные, логические, объектно-ориентированные. Однако любая классификация несколько условна, поскольку, как правило, большинство языков программирования включает в себя возможности языков разных типов. Особое место среди языков программирования занимают языки, обеспечивающие работу систем управления базами данных (СУБД). Часто в них выделяют две подсистемы: **язык описания данных** и **язык манипулирования.**

**7. Модели представления знаний**

**Центральной проблемой обработки знаний, является проблема представления знаний**.

Проблема представления знаний - это проблема представления взаимосвязей в конкретной предметной области в форме, понятной системе искусственного интеллекта. Представление знаний - это их формализация и структурирование (в целях облегчения решения задачи), с помощью которых отражаются характерные признаки знаний: внутренняя интерпретируемость, структурированность, связность, семантическая метрика и активность. Представление знаний - это процесс (способ) описания знаний человека о проблемной области посредством выражений на формальном языке, называемом языком представления знаний.

При проектировании модели представления знаний следует учитывать такие факторы, как - однородность представления и простота понимания. Однородность представления приводит к упрощению механизма управления логическим выводом и управлением знаниями. Простота понимания предполагает доступность понимания представления знаний и экспертам, и пользователем системы. В противном случае затрудняется приобретение знаний и их оценка.

Способ представления знаний определяет, каким образом знания описываются в памяти ЭВМ, а также каковы возможности БЗ. Для того чтобы ЭВМ имела возможность манипулирования знаниями о проблемной области, они должны быть представлены в виде модели.

Модель представления знаний (МПЗ) - это способ и результат формального описания знаний в БЗ. Она должна быть понятной пользователю и обеспечивать однородность представления знаний, за счет чего упрощаются управление знаниями и логический вывод, а также удовлетворять ряду других требований.

К настоящему времени разработано достаточно много различных МПЗ, и работа по созданию новых моделей продолжается. Однако наибольшее распространение получили четыре модели: **модель семантической сети, фреймовая, продукционная и логические.**

В основе использования МПЗ лежит **аксиоматический метод**. Аксиоматический метод в любой науке состоит в том, что выделяется некоторое небольшое множество истинных утверждений, опираясь на которые можно вывести все истинные утверждения данной науки. Классическим примером аксиоматического метода является аксиоматическое построение геометрий Евклида и Лобачевского, каждая из которых базируется на ряде постулатов. Следует отметить, что одну и ту же теорию можно строить, исходя из различного набора аксиом.

Таким образом, необходимо:

1. Построить алфавит теории, т.е. задать счетное множество символов (буквы и знаки включены в этот термин) и определить множество объектов языка - **выражений**. Под выражением имеется в виду конечная последовательность символов языка. Понятно, что символ может несколько раз появляться в выражении, а может и не появляться (роль формальных выражений в символическом языке аналогична роли слов в обычном языке).

2. Выделить подмножество таких выражений, которые будем называть **формулами** (обычно имеется хорошо разработанная процедура, позволяющая по данному выражению определить, является ли оно формулой). С формулами не будем связывать никакого значения (смысла); никакого значения не будем связывать и с входящими в них буквами и символами. Все операции будут формализованы.

3. Из **бесконечного множества истинных формул (тавтологий)** выделим небольшую группу (1 -10) так называемых аксиом теории (как правило, всегда имеется возможность эффективно выяснить, является ли данная формула аксиомой). За аксиомы берутся некоторые тавтологии, из которых по формальным правилам выводятся все остальные тавтологии.

4. Указать конечное множество отношений между формулами, которые называют правилами вывода. Правила вывода сопоставляют некоторым последовательностям формул новые формулы. Записывают правила вывода в форме фигуры, где формулы, стоящие над чертой называются посылками, а формулы, стоящие под чертой, называется следствием посылок по данному правилу вывода. С помощью правил вывода из аксиом получаются новые истинные формулы, называемые теоремами.

Доказательством (выводом) называется конечная последовательность формул А1, А2, ..., Ап такая, что каждая Аk есть либо аксиома теории, либо непосредственное следствие каких-либо предыдущих формул по одному из правил вывода. Теоремой называется такая формула А теории, что существует вывод, в котором последней формулой является формула А. Теоремы, как правило, выражаются равенствами, импликациями и эквивалентностями. Доказательство теорем превращается в последовательность таких формул, и построение формальных доказательств можно поручить ЭВМ.

К МПЗ предъявляются требования полноты и непротиворечивости.

**8. Классификация моделей знаний**



**9. Логические, продукционные, сетевые, фреймовые МПЗ**

1. **Логическая МПЗ**

Логические МПЗ - это модели, основанные на правилах формальной логики.

1. **Продукционная МПЗ**

МПЗ, основанные на правилах, являются наиболее распространенными и более 80% ЭС используют именно их. Продукционная модель основана на правилах, позволяющая представить знания в виде предложений типа "Если (условие), то (действие)".

1. **Фреймовая МПЗ**

Фреймовая МПЗ базируется на понятии функционального программирования - способа составления программ, в которых единственным действием является вызов функции, единственным способом расчленения программ на части является введение имени для функции и задание для этого имени выражения, вычисляющего значение функции, а единственным правилом композиции - оператор суперпозиции других функций.

1. **Семантические сети**

Термин "семантическая" означает "смысловая", а сама семантика - наука, устанавливающая отношения между символами и объектами, которые они обозначают, т. е. **наука, определяющая смысл знаков**.