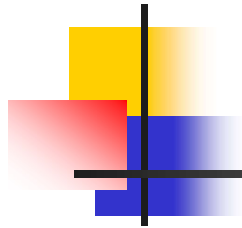


Представление знаний в информационных системах

- Лекция 1.
- **Искусственный интеллект и знания**
- Владимир Валентинович Девятков



Искусственный Интеллект (ИИ)

- Человек именует себя ***homo sapiens***, что означает мудрое существо или существо, обладающее умом (интеллектом), тем самым, подчеркивая важность для своего существования именно умственных или интеллектуальных способностей.
- Область знаний ***искусственного интеллекта*** (ИИ) пытается понять и использовать сущность этих способностей.

Истоки ИИ. Джон Маккарти

В 1956 году John McCarthy John McCarthy на Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence ввел термин «искусственный интеллект» ("artificial intelligence"), когда работал ассистентом профессора в Dartmouth College in New Hampshire.

- **Джон Маккарти**
- **John McCarthy**
- День рождения: 04.09.1927 года
Возраст смерти: 84 года
Место рождения: Бостон, Массачусетс, США
Дата смерти: 24.10.2011 года
Место смерти: **Стэнфорд**, Калифорния, США



Истоки ИИ. Марвин Минский. Клод Шеннон

Кроме John McCarthy в Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence в 1956 принимали участие Marvin Minsky

Claude Shannon и др.

Год рождения: 1916 года

Год смерти: 2001



Клод
Шеннон

Марвин Минский

Марвин Минский (**Marvin Minsky**) — один из первых исследователей в области искусственного интеллекта, чья работа помогла в создании персонального компьютера и интернета. В 1951 году сконструировал первую обучающуюся машину со случайно связанной нейросетью — SNARC. Вместе с Сеймуром Папертом написал книгу «Персептроны», ставшую фундаментальной работой для последующих разработок в

Дата рождения	9 августа 1927
Место рождения	Нью-Йорк , США
Дата смерти	24 января 2016 (88 лет)
Место смерти	Бостон , Массачусетс, США





John McCarthy: область исследования ИИ

- Предложение **John McCarthy**:
- «Область исследования ИИ отталкивается от гипотезы, состоящей в том, что каждый аспект поведения человека, имеющий признаки интеллектуальности может быть, в принципе, настолько точно описан, что по этому описанию может быть создана машина, способная моделировать это поведение».

Аллан Тьюринг. Тест на интеллектуальность

Алан Мэ́тисон Тью́ринг — английский математик, логик, криптограф, оказавший существенное влияние на развитие информатики.

- Рождение: 23 июн 1912 г. · [Лондон, Великобритания](#)
- Смерть: 7 июня 1954 г. · [Уилмслоу, Великобритания](#)
- Фильм: [Игра в имитацию](#)
- Области исследований: [Криптоанализ](#) · [Информатика](#) · [Математика](#)
- Изобретения: [ACE](#) · [Универсальная машина Тьюринга](#) · [LU-разложение](#)
- Образование: [Принстонский университет](#) (1936 — 1938), · [Королевский колледж](#) (1931 — 1934)



Алан
Тьюринг

- А. Тьюринг предложил «игрушечный» тест, называемый в настоящее время «тестом Тьюринга», который мог бы служить средством выявления **интеллектуальности**.
- Суть этого теста состоит в следующем. В одном помещении находится человек, а в другом машина, созданная кем-то, например, тем же человеком.
- Они беседуют друг с другом на интересующие человека темы.
- Если в процессе этой беседы человек не может отличить, кто же там за стеной, человек или машина, то в этом случае машину следует признать интеллектуальной. Этот тест основан на предположении, что любая беседа двух людей является **интеллектуальной**.

Представление знаний в
информационных системах



Психология

- Психологи считают, что **интеллект** - это
- "свойство личности, выражающееся в способности глубоко и точно отражать в сознании предметы и явления объективной действительности в их существенных связях и закономерностях, а также в творческом преобразовании опыта ...
- ... система ориентировки на существенные отношения решаемой задачи
- ... ядро ... собственно интеллекта составляет способность выделить в ситуации ее существенные для действия свойства в их связях и отношениях и привести свое поведение в соответствие с ними"



Информатика

- "Восхищающие новые усилия заставить компьютеры думать...машины с разумом в полном и языковом смысле" (J. Haugeland, 1955).
- "Автоматизация деятельности, которую мы ассоциируем с человеческим мышлением, такой как принятие решений, решение задач, усвоение знаний" (R. E. Bellman, 1978).
- "Исследование умственных способностей с помощью использования вычислительных моделей" (E. Charniak and D. McDermot, 1985).



Информатика

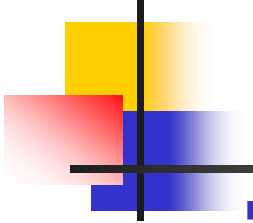
- "Теория эвристического поиска и вопросы создания решателей задач, относящихся к разряду творческих или интеллектуальных" (Г. С. Поспелов, 1986).
- "Система, которая способна находить оригинальные и эффективные ответы, часто неожиданные как для пользователя и конструктора ЭВМ, так и для составителя программ, по которым работает машина" (А. Г. Ивахненко, 1986).
- "Искусство создания машин, способных выполнять действия, которые потребовали бы интеллекта от людей, если бы они эти действия выполняли" (R. Kurzweil, 1990).



Информатика

- "Область исследования, которая пытается понять и моделировать разумное поведение в терминах вычислительных процессов" (R. J. Schalkoff, 1990).
- "Исследование того, как заставить компьютеры делать вещи не хуже людей" (E. Rich and K. Knigpt, 1991).
- "Изучение исчислений, которые позволяют понимать, рассуждать и действовать" (P. H. Winston, 1992).
- "Отрасль науки о компьютерах, которая интересуется автоматизацией разумного поведения" (J. I. Luger and W. A. Stubblefield, 1993).

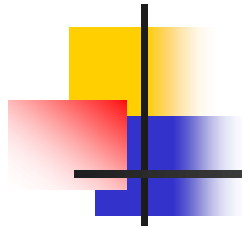
Сильный и слабый искусственный интеллект

- 
- **Сильный искусственный** интеллект предполагает, что компьютеры могут приобрести способность мыслить и осознавать себя, хотя и не обязательно их мыслительный процесс будет подобен человеческому.
 - **Слабый искусственный** интеллект отвергает такую возможность.
 - На английском соответствующие термины это — "*Artificial General Intelligence*", "*strong AI*", "*full AI*" для **сильного ИИ** и "*applied AI*", "*narrow AI*" или "*weak AI*" — для **слабого ИИ**.
 - Термин «сильный ИИ» был введён [Джоном Сёрлем](#) 1960—1970-х годах занимался главным образом развитием предложенной [Дж. Остином теории речевых актов](#). В 1980-е годы стал ведущим специалистом по философии искусственного интеллекта., который охарактеризовал его следующим образом:
 - **«Сильный ИИ - это не просто модель разума, а собственно разум в том же смысле, в котором человеческий разум — это разум».**



Свойства сильного искусственного интеллекта

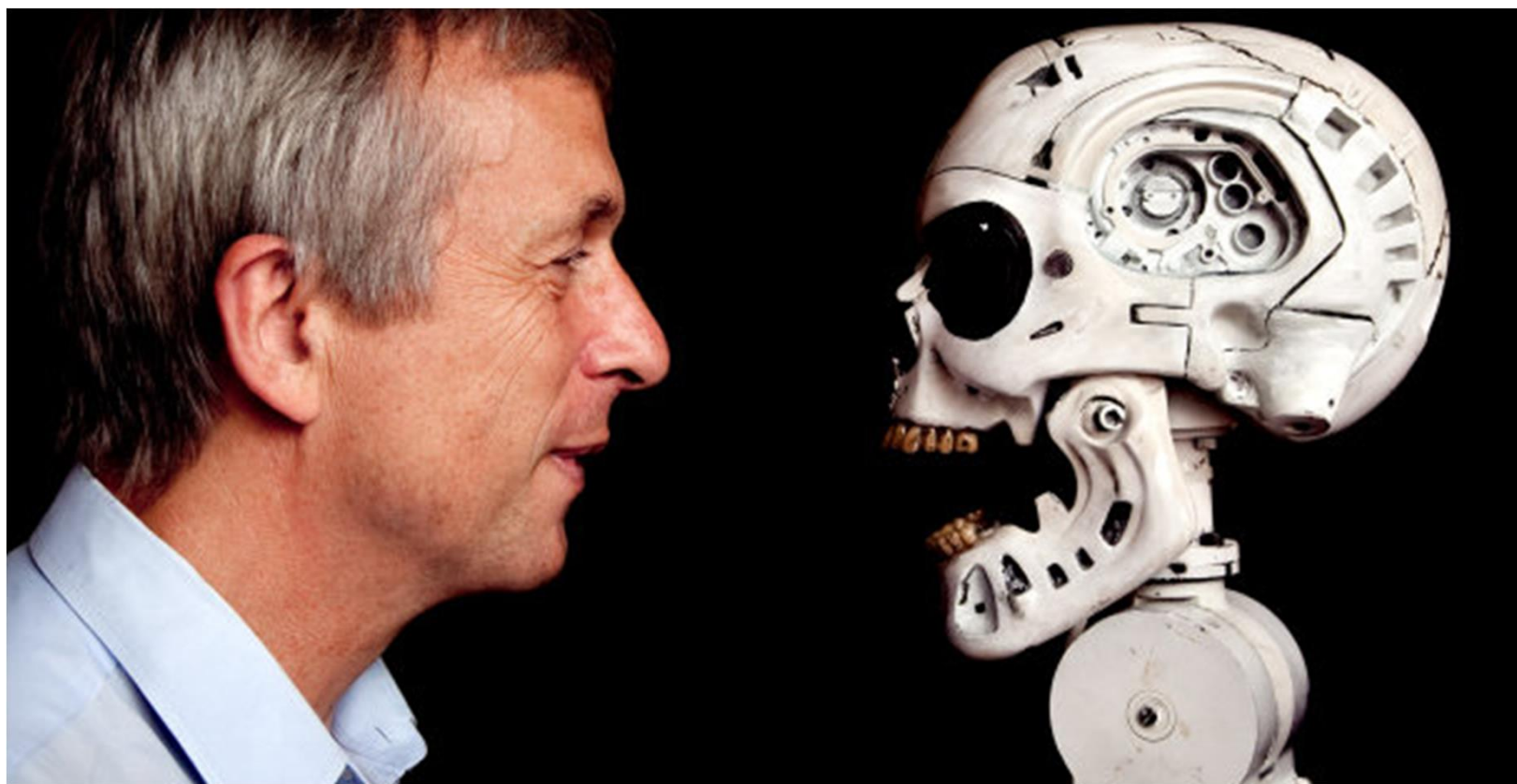
- Представление знаний, включая общее представление о реальности;
- Планирование;
- Обучение;
- Общение на естественном языке;
- Сознание: Быть восприимчивым к окружению;
- Самосознание: Осознавать себя как отдельную личность, в частности, понимать собственные мысли;
- Сопереживание: Способность «соучаствовать»;
- Мудрость.



Системы искусственного интеллекта

- Под **системами искусственного интеллекта** или **интеллектуальными системами** принято понимать системы, которые с участием человека или без позволяют решать различные сложные интеллектуальные задачи на основе формального представления знаний
- Пример: мультиагентные интеллектуальные системы.

Интеллектуальные роботы (Kevin Warwick, профессор кибернетики University of Reading)



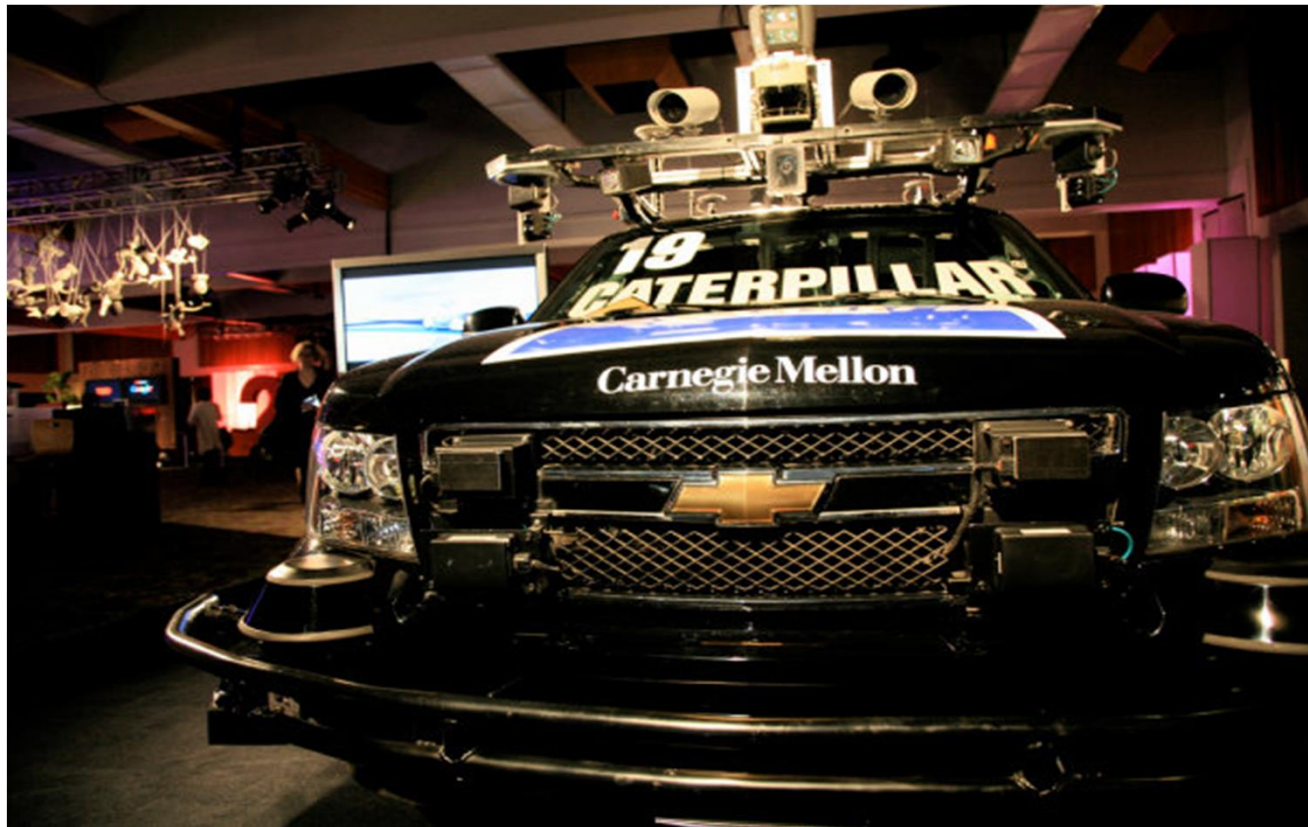
Интеллектуальная система управления полетом самолетов



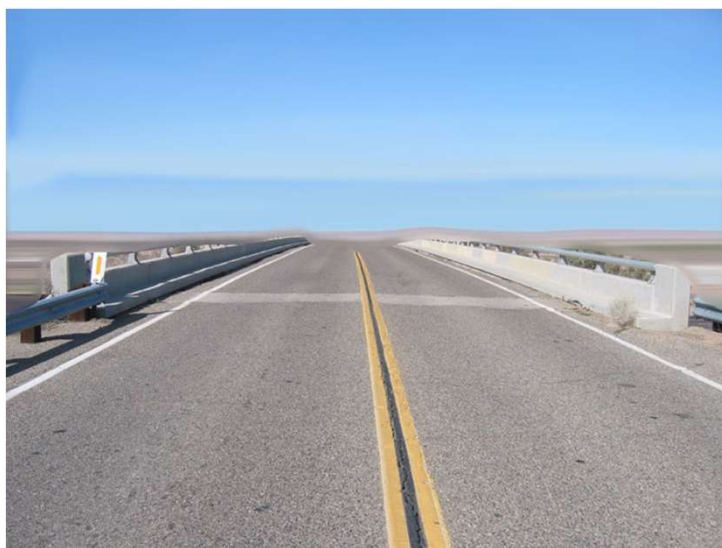
Представление знаний в
информационных системах



Интеллектуальные автономные автомобили (DARPA's GrandChallenge contest)



Интеллектуальные автономные автомобили (DARPA's GrandChallenge contest)



2022

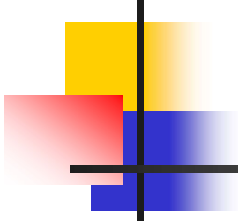
Представление знаний в
информационных системах

18

Интеллектуальные рекомендательные музыкальные системы

- Изучение и учет привычек и предпочтений пользователей.
- Индивидуализация музыкальных хранилищ в соответствии с этими привычками и предпочтениями.





Искусственный интеллект и сложные задачи

- Одна из главных причин прикладного интереса к искусственному интеллекту - это стремление создавать на его основе интеллектуальные искусственные системы способные решать **сложные задачи.**
- Это не означает, что сложные задачи не могут решаться без искусственного интеллекта.
- Но поскольку человек способен решать сложные задачи благодаря своему интеллекту, то, следовательно, копируя и развивая системы искусственного интеллекта, можем надеяться, что они будут способны делать то же самое.



Сложность временная и емкостная

- Время, затрачиваемое на решение задачи, как функция размера задачи, называется **временной сложностью** ее решения.
- Поведение этой сложности в пределе при увеличении размера задачи называется **асимптотической временной сложностью**.
- Аналогично можно определить емкостную сложность и **асимптотическую емкостную сложность**.
- Асимптотическая сложность решения определяет размер задач, которые можно решить, используя соответствующие средства.



Асимптотическая сложность

- Зададим функции $f(n)$, $q(n)$, где $n=0,1,\dots$ – размерность задачи.
- Введем обозначение $f(n)=O[q(n)]$, означающее $f(n) = q(n)$ для больших n , если $\lim f(n)/q(n)=1$.
- Пример: $f(n) = k^n + k^{n-1} + \dots + k^0$,
- $q(n) = k^n$,
- $\lim (f(n)/q(n)) = \lim (1 + 1/k + \dots + 1/k^{n-1}) = 1$.
- Здесь k – достаточно большая константа.



Асимптотическая сложность

- Решение задачи имеет **асимптотическую сложность** $O[q(n)]$, если $f(n)=O[q(n)]$.
- Функцию $f(n)$ называют **функцией сложности**.



Полиномиальные задачи

- Задачи, для которых $f(n)=O(n^c)$, где c – неотрицательная константа, называют **полиномиальными**.
- В частности, при $c=0$ сложность $O(1)$ означает, что время работы задачи не зависит от n .
- Если $f(n)=O(n)$, то задача линейна по сложности.
- Задачи полиномиальной сложности принято считать эффективными.
- Для них $f(n)$ имеет вид: и т.п. $O(1)$, $O(n)$, $O(n \log n)$, $O(n^2)$, $O(n^3)$.



Неполиномиальные задачи

- Существуют **неполиномиальные** задачи, функции сложности которых растут быстрее любого полинома.
- Это высокочисленные задачи с точки зрения требуемых вычислительных ресурсов.



Неполиномиальные задачи

- При выборе функции сложности $f(n)$ возможна ориентация на один из следующих случаев:
 1. $f(n)$ характеризует максимально возможное время работы задачи;
 2. $f(n)$ характеризует минимальное время выполнения задачи при некоторых «хороших» входных данных;
 3. $f(n)$ учитывает вероятности появления тех или иных («хороших» или «плохих») входных данных.
- С практической точки зрения важны случаи 1 и 2, поскольку они позволяют оценивать потенциальные возможности решать задачи большой размерности за приемлемое время



Трудноразрешимые задачи

- Задачи, которые не удастся решить за полиномиальное время, называются **трудноразрешимыми**.
- К классу трудноразрешимых задач относится большое число задач алгебры, математической логики, теории графов, теории автоматов и других разделов дискретной математики.
- В большинстве своем это так называемые **переборные задачи**.
- Переборная задача характеризуется экспоненциальным множеством вариантов, среди которых нужно найти решение, и может быть всегда решена **полным перебором**.



Трудноразрешимые задачи

- Полный перебор имеет экспоненциальную сложность и может хорошо работать только для небольших размеров задачи.
- С ростом размера задачи число вариантов быстро растёт, и задача становится практически неразрешимой.
- Возникает **вопрос**: если известно, что некоторая задача **разрешима**, то неудача в разработке для нее полиномиального решения является следствием неумения конкретного разработчика или следствием каких-то свойств самой задачи?



Распознавательные задачи

- Ответ на этот вопрос дает классическая теория алгоритмов, которая классифицирует задачи по сложности.
- При этом классифицируются лишь **распознавательные задачи** – задачи, имеющие распознавательную форму.
- В распознавательной форме суть задачи сводится к распознаванию некоторого свойства, а ее решение – один из двух ответов: «да» или «нет».
- С точки зрения математической логики задаче распознавания свойства соответствует задача выяснения при каких значениях переменных **x** предикат **$P(x)$** истинен, а при каких **ложно**.



Распознавательные задачи

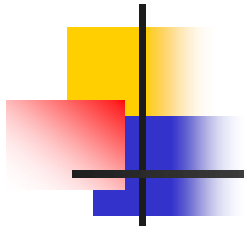
Существуют задачи, которые изначально имеют **распознавательную** форму.

- Например, являются ли два графа изоморфными?
- Другой пример – задача о выполнимости булевой функции, которая является исторически первой распознавательной задачей, глубоко исследованной в теории алгоритмов.
- Многие задачи, которые в исходной постановке представлены в иной форме (к ним относятся задачи дискретной оптимизации), довольно просто приводятся к распознавательной форме.



Распознавательные задачи

- Между тем, имеются задачи, которые нельзя привести к распознавательной форме.
 - Это, в первую очередь, конструктивные задачи, например, задачи на построение объектов дискретной математики, обладающих заданными свойствами: генерация всех подмножеств конечного множества;
 - Такие задачи могут быть как **трудноразрешимыми**, так и **полиномиально разрешимыми**. Они пока не попадают под существующую в теории алгоритмов классификацию.
- **Распознавательные задачи удобно решать методами искусственного интеллекта.**



Знания

- Знания – основа интеллектуальности систем
- Знания в системах искусственного интеллекта обычно хранятся в **базах знаний**.
- Знания содержат информацию как о конкретных (константных) фактах о той или иной предметной области (среде, мире), так и о более общих законах и свойствах, позволяющих получать (рассуждать, выводять) новые знания.
- Понятие "знание" имеет два аспекта: декларативный и процедурный.



ИИ и знания

- **ИИ функционирует** на основе знаний
- **ИИ занимается** созданием специализированных моделей и языков для представления знаний в ЭВМ,
- **ИИ занимается** созданием специальных средств, позволяющих пополнять и обобщать знания.
- **ИИ занимается** созданием программных и аппаратных средств для работы со знаниями;



ИИ и планирование

- **ИИ занимается** созданием методов формирования планов достижения целей и решения сложных задач, не поддающихся решению другими методами, кроме как на основе использования знаний



ИИ и интерфейс

- **ИИ занимается** созданием средств восприятия мультимодальной информации (зрительной, слуховой, тактильной и др),
- **ИИ занимается** развитием методов мультимодальной обработки и формирования ответных реакций на воздействия внешней среды,
- **ИИ занимается** развитием методов адаптации искусственных систем к среде путем обучения.

Формальная теория. Рассуждение

■ Это тройка $\mathcal{R} = \{L, S, C\}$, где

- L – язык формальной модели (формальный язык) с присущим ему синтаксисом, т.е. $L = \{T, G\}$,
- S – совокупность начальных знаний, сформулированных на языке L ;
- C – абстрактная машина или машина вывода, которая, используя правила вывода P и определенную стратегию вывода, осуществляет формирование в языке L новых знаний, отталкиваясь от начальных знаний S .
- Таким образом **машина вывода** является двойкой $C = \{P, \Omega\}$, где Ω – стратегия вывода, согласно которой абстрактная машина C , используя правила вывода P осуществляет вывод (**рассуждение**).
- Стратегия вывода абстрактной машины вывода зависит от языка L , от типа рассуждений, от порядка использования множества правил, а также от разного рода ограничений. Представление знаний в



Типы рассуждений

- Формальную теорию , называют также **формальной моделью, формальной системой** или **исчислением**.
- **Дедуктивное рассуждение** развивается от общего к частному (от посылки к следствию). Пример дедуктивного рассуждения: «Все люди смертны, Сократ – человек, следовательно, Сократ смертен».
- **Абдуктивное рассуждение** – это «обратная» дедукция, так сказать, дедукция, поставленная с ног на голову. Абдуктивное рассуждение развивается по сравнению с дедуктивным в противоположном направлении, то есть от следствия к посылке. Пример абдуктивного рассуждения: «Все люди смертны, Сократ смертен, следовательно, Сократ человек». Может показаться, что здесь все нормально, но если вдуматься, то становится ясно, что вывод неправильный. Из того, что Сократ смертен, совсем не следует, что Сократ человек, ведь смертны и кошки, и собаки, и бабочки.
- **Индуктивное рассуждение** развивается от частного к общему.



Формальный язык

- Формальный язык L в соответствии с современными представлениями требует рассмотрения двух его неотъемлемых частей: **синтаксиса** и **семантики**.
- **Синтаксис** языка описывает допустимые в языке предложения, состоящие из цепочек терминальных символов, принадлежащих определенному **терминальному алфавиту**.
- Синтаксис языка позволяет отличать предложения, принадлежащие языку, от предложений, ему не принадлежащих.
- **Семантика** языка определяет смысл предложений языка.
- Без семантики предложения языка являются ничего незначащими цепочками символов



Формализация и формальное решение

- *Формализацией задачи* будем называть создание для ее решения формальной модели.
- *Формальным решением задачи* будем называть осуществление решения задачи с помощью рассуждения с использованием формальной модели.



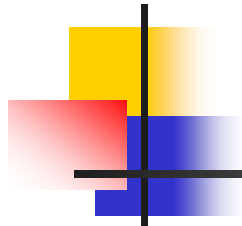
Декларативные знания

- **Декларативные** знания не содержат в явном виде описание процедур, которые необходимо выполнить в процессе вывода.
- Рассуждение (вывод) на основе декларативных знаний осуществляется по определенной стратегии рассуждений специальной машиной вывода (решателем).
- Например, вывод (поиск решения) может быть организован как поиск в пространстве состояний, и сводится к нахождению последовательности состояний ведущих из начального состояния (начальных) в целевое состояние.



Процедурные знания

- **Процедурные** знания - это знания, представляемые в виде процедур, с помощью которых осуществляется вывод.
- Вывод на основе процедурных знаний также может осуществляться машиной вывода, организующей вызов процедур в соответствии с определенной стратегией.
- **Сочетание преимуществ** декларативного и процедурного подхода к представлению знаний по-разному воплощается в различных языках и моделях представления знаний.



Какое представление знаний нам необходимо

- Насколько представление знаний должно быть понятным и ясным?
- Насколько представление знаний должен быть лаконичным?
- Насколько оно должно быть вычислительно эффективным (способным порождать новые знания)?
- Насколько оно должно быть модульным?
- Насколько оно должно быть доступным из разных мест?



Какое представление знаний нам необходимо

- Какова должна быть охватываемая область представления?
- Какова должна быть неделимая часть?
- Каков должен быть уровень детализации?
- Должен ли быть базовый словарь?



Какое представление знаний нам необходимо

- Насколько легко можно знания модифицировать?
- Могут ли быть изменены отдельные элементы без влияния на другие?
- Как представлять отдельные модули?
- **Каков должен быть механизм извлечения знаний?**
- Каковы должны быть отношения между старыми и новыми знаниями?
- Какова должна быть форма обобщения и специализации знаний?



Какое представление знаний нам необходимо

- Как знания должны быть организованы: иерархически, на базе отношений, ассоциативно?
- Какие отношения возможны между группами знаний?
- Нужны ли оба механизма работы со знаниями: синтаксический и семантический?
- Какой нужен механизм вывода?
- Нужно ли поддерживать дедуктивный, индуктивный и абдуктивный выводы?
- Нужно ли продолжать вывод, если информация стала неопределенной?
- Нужно ли продолжать вывод, если информация отсутствует?



Какое представление знаний нам необходимо

- Должны ли все знания быть явно представленными или решатель может дополнять их?
- Какие знания должны быть представлены обязательно явно?
- Может ли структура представления знаний расширяться и модифицироваться?
- Может ли решатель модифицироваться?



Трудности обмена знаниями

- **Представление знаний** даже об одних и тех же вещах и на одном и том же языке может быть различным.
- Это приводит к **трудностям** обмена знаниями между людьми, организациями и программами, и, в частности, к трудностям формирования однозначно понимаемых требований и спецификаций для сложных систем.
- Несмотря на достаточно продвинутый уровень развития **сложных систем**, возможности повторного использования и распространения знаний ограничены.
- Это приводит к **повторным усилиям** по извлечению и необходимым знаний.



Стандартизация знаний

- Ответ на многие из поставленных вопросов может быть получен путем **стандартизации знаний**.
- Стандартизация устранил или сведет к минимуму концептуальную и терминологическую путаницу и установит однозначное понимание языка, используемого для представления знаний
- Такой язык должен служить средством
 - стандартизации представления знаний,
 - коммуникации между людьми, имеющими различный взгляд на одни и те же вещи,
 - взаимодействия между программными системами путем трансляции в него и из него,
 - обеспечения возможности повторного использования благодаря формальной спецификации,
 - автоматизации проверки корректности знаний,
 - адекватного представления других языков представления знаний.



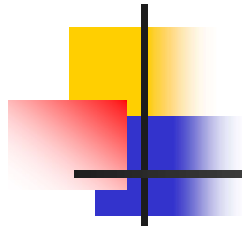
Онтология

- **Онтологией** называются представленные на некотором стандартном языке, обладающем перечисленными выше свойствами, знания о некоторой области интересов (среде, мире).
- Онтологии хранятся в базах знаний. Онтологии непременно сопутствует некоторая концепция этой области интересов.
- Чаще всего эта концепция выражается посредством определения базовых объектов (индивидуумов, атрибутов, процессов) и отношений между ними.
- Определение этих объектов и отношений между ними обычно называется **концептуализацией**.
- Концептуализация может быть явной или ментальной, т.е. существующей только в чьей-то голове. Однако мы будем полагать, что онтология является явным представлением некоторой концептуализации. Онтология может иметь несколько уровней представления знаний.



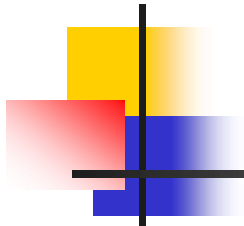
Уровни онтологий

- **неформальная** на каком-либо естественном языке,
- **полуформальная** на каком-либо структурированном подмножестве естественного языка,
- **слабоформализованная** на каком-либо языке из области искусственного интеллекта с формальным синтаксисом,
- **формализованная** на каком-либо языке из области искусственного интеллекта с формальным синтаксисом, семантикой, значимым и полным механизмом вывода.
- Следующее определение онтологии, суммирует различные определения онтологий:
- **Онтологией** является общепринятая и общедоступная концептуализация определенной области знаний (мира, среды), содержащая базис для моделирования этой области знаний, определяющая протоколы для взаимодействия между модулями системы искусственного интеллекта, использующими знания из этой области, и наконец, включающая соглашения о представлении теоретических основ данной области знаний.



Этапы формирования онтологии

- **Определение цели и постановка задачи.** На этом этапе особенно важно понять зачем нужна онтология, как и кем она будет использоваться.
- **Построение.** Этот этап разбивается на три подэтапа: **формализация понятий, кодирование и интеграция.**
 - Процесс **формализации** понятий: 1) выявление основных объектов и отношений предметной области, 2) текстовое описание этих объектов и отношений, 3) сопоставление этим объектам и отношениям термов.
 - Процесс **кодирования** в каком-либо формальном языке результатов предыдущего подэтапа. Обычно кодирование включает 1) описание с использованием введенных термов необходимых утверждений, 2) выбор формального языка для кодирования, 3) кодирование в выбранном языке.
 - Процесс **интеграции** выполняется параллельно двум упомянутым и требует тщательного обдумывания, каким образом вновь создаваемая онтология будет интегрироваться с уже существующими.
- **Оценка.** На этом этапе осуществляется обдумывание и формирование вопросов, на которые онтология должна давать ответы, выбирается программная среда для реализации онтологии.
- **Документирование.** На этом этапе осуществляется тщательное составление руководства к онтологии на естественном языке.



Языки представления знаний

