

***Колесников Алексей Александрович,***  
***кандидат технических наук,***  
***ст. преподаватель кафедры картографии и геоинформатики***

***Дисциплина***

**«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

# План:

## **1. Введение в искусственный интеллект**

История развития искусственного интеллекта как науки; Определение искусственного интеллекта; История развития искусственного интеллекта; Задачи искусственного интеллекта; Направления и подходы к исследованиям в области искусственного интеллекта ; Классификация интеллектуальных информационных систем.

## **2. Основы теории искусственного интеллекта**

Представление знаний; Данные и знания; Классификация моделей представления знаний; Нейронные сети; Классификация искусственных нейронных сетей; Однослойные искусственные нейронные сети; Многослойные нейронные сети; Задачи, решаемые нейронными сетями; Эволюционное моделирование; Генетические алгоритмы; Виды генетических алгоритмов; Нечеткие множества и нечеткая логика; Теория нечетких множеств; Нечеткая логика.

## **3. Интеллектуальные информационные системы**

Экспертные системы; Модель экспертных систем; Классификация экспертных систем и оболочек экспертных систем; Средства разработки экспертных систем; Системы поддержки принятия решений; Структура систем поддержки принятия решений; Классификация систем поддержки принятия решений.

# История развития искусственного интеллекта как науки

---

## Определение искусственного интеллекта

Термин «искусственный интеллект» (artificial intelligence) был предложен в 1956 году. Слово intelligence означает «умение рассуждать разумно», а вовсе не «интеллект», для которого есть термин intellect. Искусственный интеллект (ИИ) занимается изучением разумного поведения (у людей, животных и машин) и пытается найти способы моделирования подобного поведения в любом типе искусственно созданного механизма. Несмотря на то что термину больше полувека, единого определения его не существует.

---

**Разные исследователи по-разному определяют эту науку, в зависимости от своего взгляда на нее, и работают над созданием систем, которые:**

- **думают подобно людям;**
- **думают рационально;**
- **действуют подобно людям;**
- **действуют рационально.**

**Искусственный интеллект – это одно из направлений информатики, целью которого является разработка аппаратно-программных средств, позволяющих пользователю-непрограммисту ставить и решать свои, традиционно считающиеся интеллектуальными, задачи, общаясь с ЭВМ на ограниченном подмножестве естественного языка.**

---

**При воссоздании разумных рассуждений и действий возникают определенные трудности. Во-первых, в большинстве случаев, выполняя какие-то действия, человек не осознает, как это делает, не известен точный способ, метод или алгоритм понимания текста, распознавания лиц, доказательства теорем, решения задач, сочинения стихов и т.д. Во-вторых, на современном уровне развития компьютер слишком далек от человеческого уровня компетентности и работает по другим принципам.**

---

**Искусственный интеллект всегда был междисциплинарной наукой, являясь одновременно и наукой и искусством, и техникой и психологией. Методы искусственного интеллекта разнообразны. Они активно заимствуются из других наук, адаптируются и изменяются под решаемую задачу. Для создания интеллектуальной системы необходимо привлекать специалистов из прикладной области, поэтому в рамках искусственного интеллекта сотрудничают лингвисты, нейрофизиологи, психологи, экономисты, информатики, программисты и т.д.**

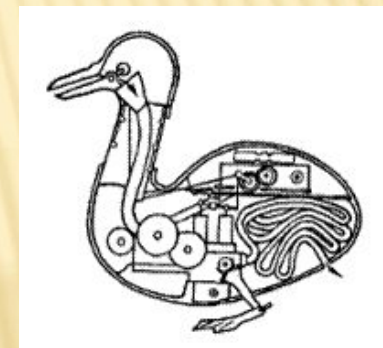
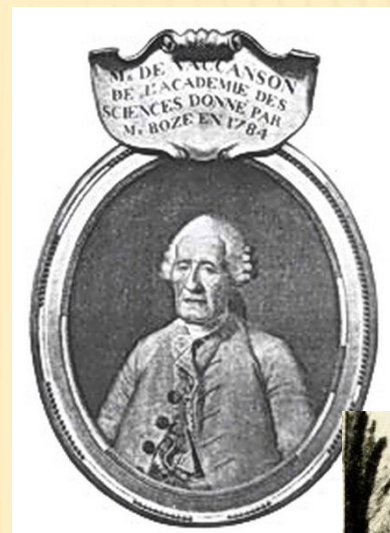
## История развития искусственного интеллекта

---

Идея создания искусственного подобия человека витала в воздухе еще в древнейшие времена. Так, в Древнем Египте была создана «оживающая» механическая статуя бога Амона. Древние египтяне и римляне испытывали благоговейный ужас перед культовыми статуями, которые жестикулировали и изрекали пророчества (разумеется, не без помощи жрецов). У Гомера в «Илиаде» бог Гефест ковал человекоподобные существа-автоматы.



**В XVIII веке благодаря развитию техники, особенно разработке часовых механизмов, интерес к подобным изобретениям возрос. В 1738г. французский изобретатель Жак де Вокансон изготовил механического флейтиста в человеческий рост, который исполнял двенадцать мелодий, перебирая пальцами отверстия и дую в мундштук, как настоящий музыкант.**

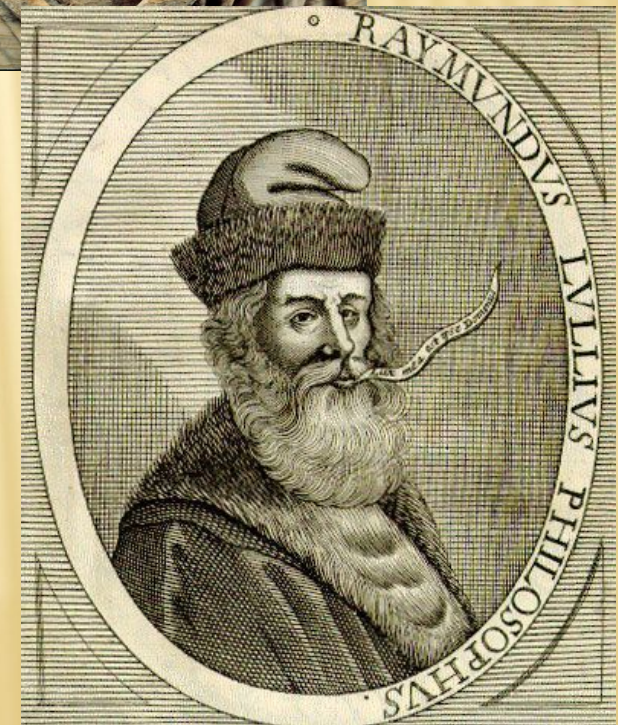
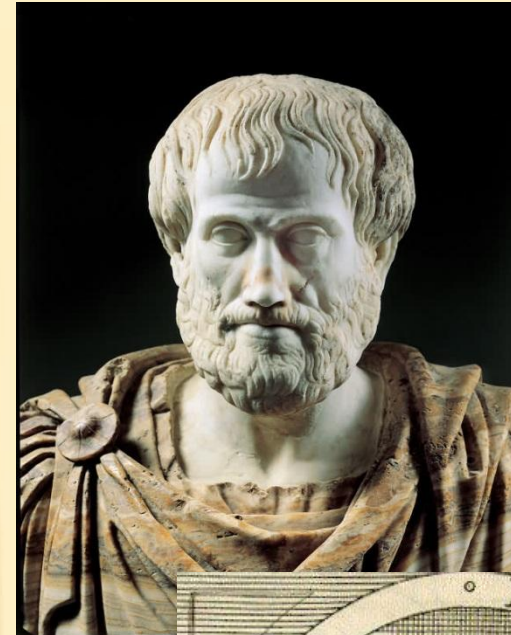




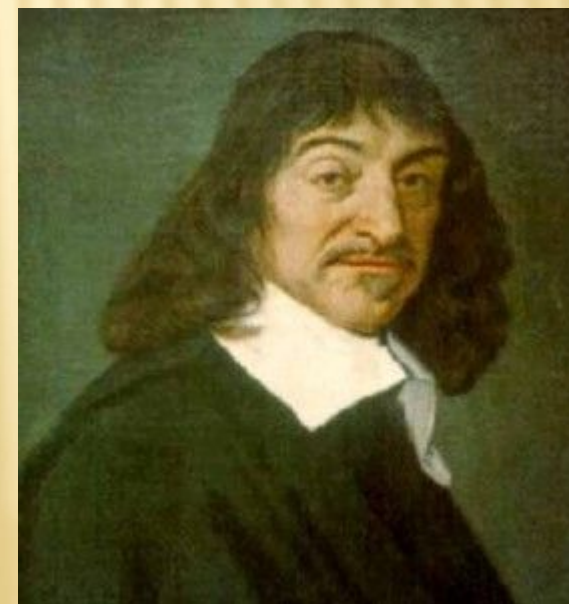
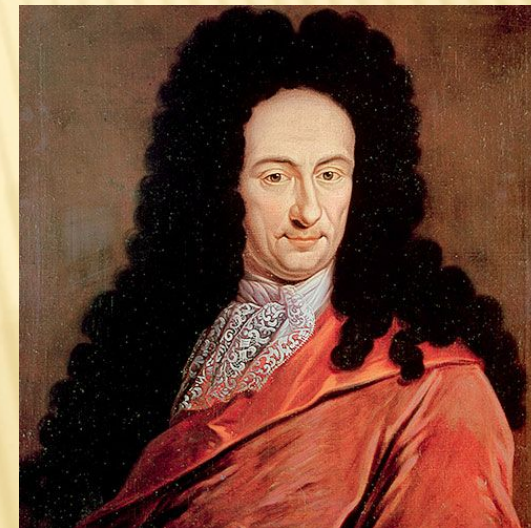
Эстафету де Вокансона подхватили швейцарские механики Пьер и Анри Дро, отец и сын. По одной из забавных версий, имя Анри Дро и стало источником появления самого слова «андроид». В действительности же это просто теософский термин, придуманный немецким теологом Альбертом Кельнским еще в XIII веке и образованный от греческого *andr* - «человек, мужчина» и суффикса *-eides*, означающего подобие, схожесть. Альпийские кудесники с большим искусством и выдумкой мастерили человекоподобные устройства, способные выполнять разнообразные действия: например, «писца», который мог начертать любой текст до полусотни букв, «музыкантшу», неплохо справляющуюся с комнатным органом - фисгармонией. Эта кукла, ударяя пальцами по клавишам, могла последовательно исполнить десяток коротких пьес, при этом вертя головой и следя глазами за положением рук.



**Точный свод законов, руководящих рациональной частью мышления, был сформулирован Аристотелем (384-322 гг. до н.э.). Однако родоначальником искусственного интеллекта считается средневековый испанский философ, математик и поэт Раймонд Луллий, который еще в XIII веке попытался создать механическую машину для решения различных задач на основе разработанной им всеобщей классификации понятий.**

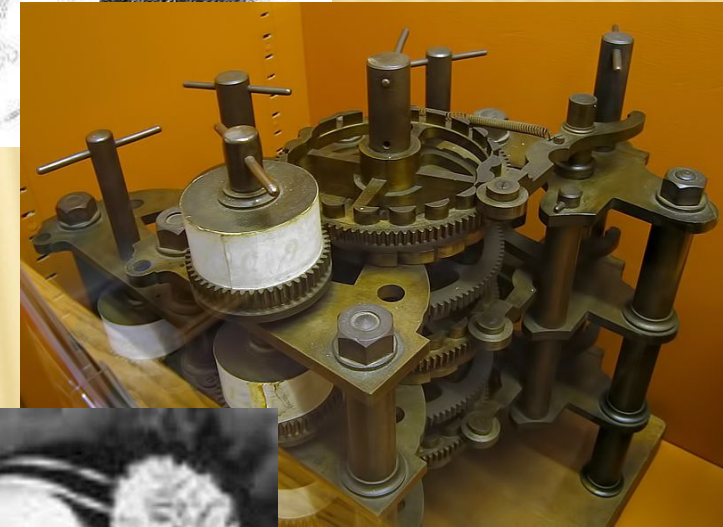
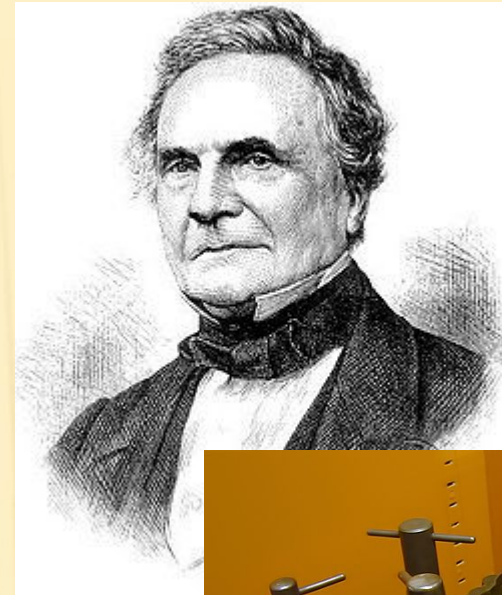


**В XVIII веке Лейбниц и Декарт независимо друг от друга продолжили эту идею, предложив универсальные языки классификации всех наук. Труды этих ученых можно считать первыми теоретическими работами в области искусственного интеллекта. Теория игр и теория принятия решений, данные о строении мозга, когнитивная психология – все это стало строительным материалом для искусственного интеллекта.**



Спустя ещё полтора столетия, в середине XIX в., когда Чарлз Бэббидж предложил проект своей "Аналитической машины", его помощница леди Ада Лавлейс сомневалась в возможности этого. Бэббидж, без сомнения, является первым автором идеи создания вычислительной машины, которая в наши дни называется компьютером.

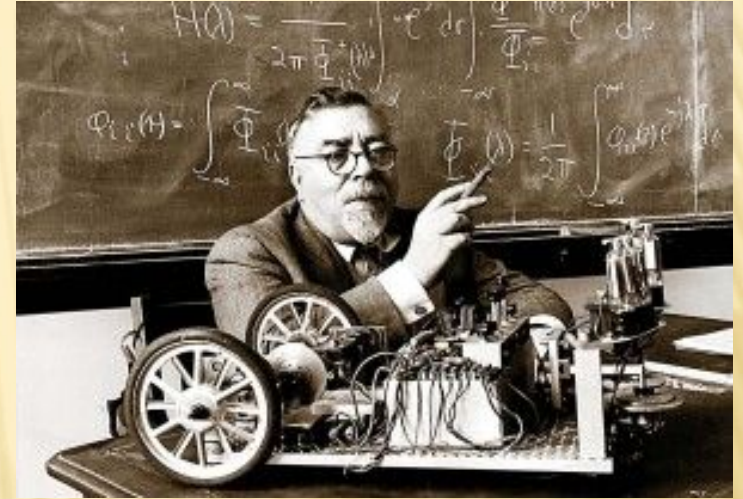
Работа разностной машины была основана на методе конечных разностей. Малая машина была полностью механической и состояла из множества шестерёнок и рычагов. В ней использовалась десятичная система счисления. Она оперировала 18-разрядными числами с точностью до восьмого знака после запятой и обеспечивала скорость вычислений 12 членов последовательности в 1 минуту. Малая разностная машина могла считать значения многочленов 7-й степени.



**Но окончательное рождение искусственного интеллекта как научного направления произошло только после создания ЭВМ в 40-х годах XX века и выпуска Норбертом Винером основополагающих работ по новой науке – кибернетике.**

**Он был не согласен с распространенным мнением о том, что вычислительные машины могут самостоятельно порождать полезные результаты. Винер отводил им функцию лишь инструмента, средства для переработки данных, а человеку — функцию извлечения полезных результатов. Винер пришел к необходимости организовать в МТИ еженедельный семинар с привлечением самых разных специалистов.**

**Семинар начал работать весной 1948 г. Его участники вспоминают, что первое время он напоминал строительство Вавилонской башни, поскольку к нему были привлечены ученые разных, порой далеких друг от друга специальностей — математики, инженеры, психологи, философы, медики, биологи и т. д. Несмотря на то, что значительное время ушло на формирование общего языка новой науки, семинар оказался весьма результативным.**



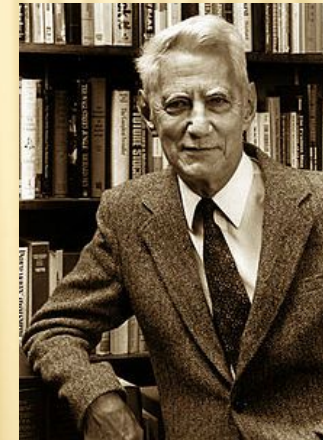
**В конечном итоге удалось выработать несколько принципиальных концепций, которые можно рассматривать как первые основополагающие идеи будущей Сети.**

**Во-первых, на семинаре в процессе обсуждений было высказано предположение, что компьютер должен стать одним из важнейших средств коммуникации**

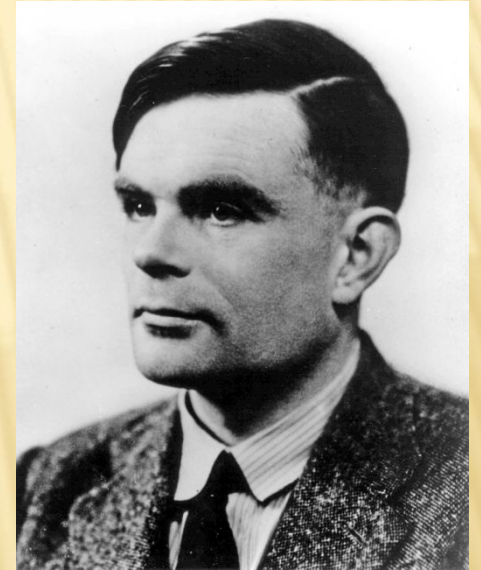
**Во-вторых, был сделан очевидный (с точки зрения дня сегодняшнего) вывод о том, что компьютер должен обеспечивать режим интерактивного взаимодействия. На тот момент из периферийных устройств существовали только устройства для ввода с перфолент или перфокарт и примитивные принтеры. В зародышевом виде интерактивный режим частично воплотился в уникальный для своего времени компьютер Whirlwind ("Ураган"), построенный в МТИ в 1950 г. В его создании активно участвовали члены винеровского семинара. Именно к этому компьютеру впервые подключили алфавитно-цифровую клавиатуру.**

**Итак, две очевидные составляющие киберпространства — компьютер как средство коммуникации и интерактивный режим**

**Формирование искусственного интеллекта как науки произошло в 1956 году. Д. Маккарти, М. Минский, К. Шеннон и Н. Рочестер организовали двухмесячный семинар в Дартмуте для американских исследователей, занимающихся теорией автоматов, нейронными сетями, интеллектом. Хотя исследования в этой области уже активно велись, но именно на этом семинаре появились термин и отдельная наука – искусственный интеллект.**

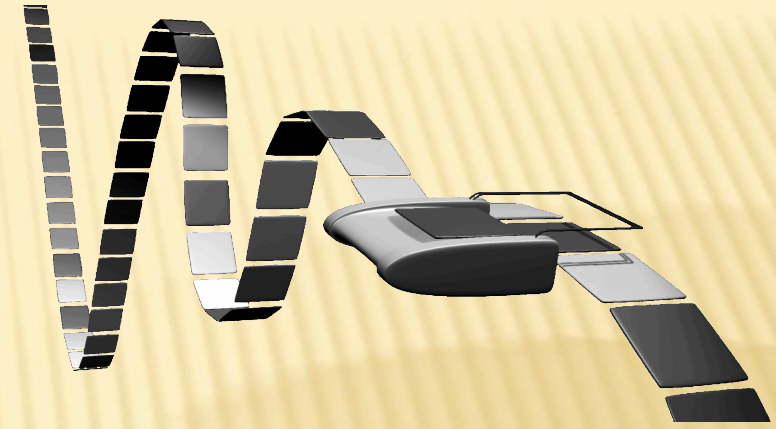


**Одним из основателей теории искусственного интеллекта считается известный английский ученый Алан Тьюринг, который в 1950 году опубликовал статью «Вычислительные машины и разум» (переведенную на русский язык под названием «Может ли машина мыслить?»). Именно в ней описывался ставший классическим «тест Тьюринга», позволяющий оценить «интеллектуальность» компьютера по его способности к осмысленному диалогу с человеком.**





Машина Тьюринга (МТ) — математическая абстракция, представляющая вычислительную машину общего вида. Была предложена Аланом Тьюрингом в 1936 году для формализации понятия алгоритма.



В состав Машины Тьюринга входит бесконечная в обе стороны лента, разделённая на ячейки, и управляющее устройство с конечным числом состояний.

Управляющее устройство может перемещаться влево и вправо по ленте, читать и записывать в ячейки символы некоторого конечного алфавита. Выделяется особый пустой символ, заполняющий все клетки ленты, кроме тех из них (конечного числа), на которых записаны входные данные.

В управляющем устройстве содержится таблица переходов, которая представляет алгоритм, реализуемый данной Машиной Тьюринга. Каждое правило из таблицы предписывает машине, в зависимости от текущего состояния и наблюдаемого в текущей клетке символа, записать в эту клетку новый символ, перейти в новое состояние и переместиться на одну клетку влево или вправо.

Некоторые состояния Машины Тьюринга могут быть помечены как терминальные, и переход в любое из них означает конец работы, остановку алгоритма.

Машина Тьюринга называется детерминированной, если каждой комбинации состояния и ленточного символа в таблице соответствует не более одного правила, и недетерминированной в противном случае.

**Тест Тьюринга — эмпирический тест, идея которого была предложена Аланом Тьюрингом в статье «Вычислительные машины и разум», опубликованной в 1950 году в философском журнале «Mind». Тьюринг задался целью определить, может ли машина мыслить.**

**Стандартная интерпретация этого теста звучит следующим образом: «Человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы — ввести человека в заблуждение, заставив сделать неверный выбор».**

**Все участники теста не видят друг друга. Если судья не может сказать определенно, кто из собеседников является человеком, то считается, что машина прошла тест. Чтобы протестировать именно интеллект машины, а не её возможность распознавать устную речь, беседа ведется в режиме «только текст», например, с помощью клавиатуры и экрана (компьютера-посредника). Переписка должна производиться через контролируемые промежутки времени, чтобы судья не мог делать заключения, исходя из скорости ответов. Во времена Тьюринга компьютеры реагировали медленнее человека. Сейчас это правило тоже необходимо, потому что они реагируют гораздо быстрее, чем человек.**

**Несмотря на все свои достоинства и известность, тест критикуют на нескольких основаниях.**

**Направленность теста Тьюринга ярко выражена в сторону человека (антропоморфизм).  
Проверяется только способность машины походить на человека, а не разумность машины вообще. Тест неспособен оценить общий интеллект машины по двум причинам:**

**Иногда поведение человека не поддается разумному толкованию. В это же время тест Тьюринга требует, чтобы машина была способна имитировать все виды человеческого поведения, не обращая внимания на то, насколько оно разумно. Он также проверяет способность имитировать такое поведение, какое человек за разумное и не посчитает, например, реакция на оскорбления, соблазн соврать или просто большое количество опечаток. Если машина неспособна с точностью до деталей имитировать поведение человека, опечатки и тому подобное, то она не проходит тест, несмотря на весь тот интеллект, которым она может обладать.**

**Некоторое разумное поведение не присуще человеку. Тест Тьюринга не проверяет высокоинтеллектуальное поведение, например, способность решать сложные задачи или выдвигать оригинальные идеи. По сути, тест требует, чтобы машина обманывала: какой бы умной ни была машина, она должна притворяться не слишком умной, чтобы пройти тест. Если же машина способна быстро решить некую вычислительную задачу, непосильную для человека, она по определению провалит тест.**

**Первые десятилетия развития искусственного интеллекта (1952-1969 гг.) были полны успехов и энтузиазма. А. Ньюэлл, Дж. Шоу и Г. Саймон создали программу для игры в шахматы на основе метода, предложенного в 1950 году К. Шенноном, формализованного А. Тьюрингом и промоделированного им же вручную. К работе была привлечена группа голландских психологов под руководством А. де Гроота, изучавших стили игры выдающихся шахматистов. В 1956 году этим коллективом был создан язык программирования ИПЛ1 – практически первый символьный язык обработки списков и написана первая программа «Логик-Теоретик», предназначенная для автоматического доказательства теорем в исчислении высказываний. Эту программу можно отнести к первым достижениям в области искусственного интеллекта.**

**В 1960 году этой же группой была написана программа GPS (General Problem Solver) – универсальный решатель задач.**

**Она могла решать ряд головоломок, вычислять неопределенные интегралы, решать некоторые другие задачи. Результаты привлекли внимание специалистов в области вычислений, и появились программы автоматического доказательства теорем из планиметрии и решения алгебраических задач.**

**С 1952 года А. Самюэл написал ряд программ для игры в шашки, которые играли на уровне хорошо подготовленного любителя, причем одна из них научилась играть лучше, чем ее создатель.**

**В 1958 году Д. Маккарти определил новый язык высокого уровня Lisp, который стал доминирующим для искусственного интеллекта.**

**Первые нейросети появились в конце 50-х годов. В 1957 году Ф.**

**Розенблаттом была предпринята попытка создать систему, моделирующую человеческий глаз и его взаимодействие с мозгом, – персептрон.**

**Первая международная конференция по искусственному интеллекту (IJCAI) состоялась в 1969 году в Вашингтоне.**

**В 1963 году Д. Робинсон реализовал метод автоматического доказательства теорем, получивший название «принцип резолюции», и на основе этого метода в 1973 году был создан язык логического программирования Prolog.**

**В США появились первые коммерческие системы, основанные на знаниях, – экспертные системы. Происходит коммерциализация искусственного интеллекта. Растут ежегодные капиталовложения и интерес к самообучающимся системам, создаются промышленные экспертные системы. Разрабатываются методы представления знаний.**

**Первая экспертная система была создана Э. Фейгенбаумом в 1965 году. Но до коммерческой прибыли было еще далеко. Лишь в 1986 году первая коммерческая система R1 компании DEC позволила сэкономить примерно 40 миллионов долларов за год. К 1988 году компанией DEC было развернуто 40 экспертных систем. В компании Du Pont применялось 100 систем, и экономия составляла примерно 10 миллионов в год.**

**В 1981** году Япония, в рамках 10-летнего плана по разработке интеллектуальных компьютеров на базе Prolog, приступила к разработке компьютера 5-го поколения, основанного на знаниях. **1986** год стал годом возрождения интереса к нейронным сетям.

**В 1991** году Япония прекращает финансирование проекта компьютера 5-го поколения и начинает проект создания компьютера 6-го поколения – нейрокомпьютера.

**В 1997** году компьютер «Дип Блю» («Deep Blue») победил в игре в шахматы чемпиона мира Г. Каспарова, доказав возможность того, что искусственный интеллект может сравняться с человеком или превзойти его в ряде интеллектуальных задач (пусть и в ограниченных условиях).



**Огромную роль в борьбе за признание искусственного интеллекта в нашей стране сыграли академики А. И. Берг и Г. С. Поспелов.**

**В 1954-1964 гг. создаются отдельные программы и проводятся исследования в области поиска решения логических задач. Создается программа АЛПЕВ ЛОМИ, автоматически доказывающая теоремы. Она основана на оригинальном обратном выводе Маслова, аналогичном методу резолюций Робинсона. Среди наиболее значимых результатов, полученных отечественными учеными в 60-е годы, следует отметить алгоритм «Кора» М. М. Бонгарда, моделирующий деятельность человеческого мозга при распознавании образов. Большой вклад в становление российской школы искусственного интеллекта внесли выдающиеся ученые М. Л. Цетлин, В. Н. Пушкин, М. А. Гаврилов, чьи ученики и явились пионерами этой науки в России.**

**В 1964** году предлагался метод автоматического поиска доказательства теорем в исчислении предикатов, получивший название «обратный метод Маслова».

**В 1965-1980** гг. произошло рождение нового направления – ситуационного управления (в западной терминологии соответствует представлению знаний). Основателем этой научной школы стал профессор Д. А. Поспелов.

**В Московском государственном университете в 1968** году В. Ф. Турчиным был создан язык символьной обработки данных РЕФАЛ.

- **2000** – интерактивные роботы-животные
- **2004** – DARPA запускает конкурс **DARPA Grand Challenge**, требующий создания автономного средства передвижения
- **2004** – автономная навигация роверов **Spirit** и **Opportunity** на Марсе
- **2009** – Google строит прототип автомобиля без водителя
- **2011** - Apple's Siri и Google's Google Now распознают голосовые команды на смартфонах
- **2013** – Робот **HRP-2** построенный японской компанией **SCHAFT Inc** и спонсируемый Google, побеждает **15** команд и выигрывает **DARPA's Robotics Challenge Trials**. **HRP-2** набирает **27** из **32** баллов в **8** задачах, решаемых в условиях чрезвычайных ситуаций: **1** Парковка грузового автотранспорта **2** Перемещение через препятствие **3** Убирание мусора, блокирующего вход **4** Открытие двери и вход в здание **5** Использование промышленных лестниц и проходов **6** Использование инструмента для проделывания отверстия в бетонной панели **7** Нахождение и закрытие клапана рядом протекающей трубы **8** Подключение пожарного шланга к стояку и включение клапана.

## Задачи искусственного интеллекта

**Искусственный интеллект преследует множество целей. Одной из основных задач искусственного интеллекта является создание полного научного описания интеллекта человека, животного и машины и вычисление принципов, общих для всех троих.**

**Моделирование разума необходимо для решения задач.**

**К интеллектуальным задачам можно отнести все задачи, алгоритм нахождения которых неизвестен. Но, например, перебор всех возможных комбинаций также является алгоритмом. Применить его на практике, к сожалению, на современном уровне развития техники к большинству задач невозможно (современная ЭВМ не может сгенерировать все простые перестановки более чем 12-ти разных предметов, так как этих перестановок более 479 млн).**

**Комбинаторный взрыв, с которым столкнулись исследователи уже в ранних исследованиях, – пример этого. В таких случаях, когда незначительное увеличение входных данных задачи ведет к возрастанию количества повторяющихся действий в степенной зависимости, говорят о неполиномиальных алгоритмах, которые характеризуются тем, что количество операций в них возрастает в зависимости от числа входов по закону, близкому к экспоненте. Подобные алгоритмы решения имеет чрезвычайно большой круг задач, особенно комбинаторных проблем, связанных с нахождением сочетаний, перестановок, размещений каких-либо объектов. Поэтому труднорешаемой (нерешаемой) задачей можно называть такую задачу, для которой не существует эффективного алгоритма решения. Экспоненциальные алгоритмы решений, в том числе и исчерпывающие, абсолютно неэффективны для случаев, когда входные данные меняются в достаточно широком диапазоне значений, следовательно, в общем случае считать их эффективными нельзя.**

**Эффективный алгоритм имеет не настолько резко возрастающую зависимость количества вычислений от входных данных, например ограниченно полиномиальную, то есть  $x$  находится в основании, а не в показателе степени.**

**Такие алгоритмы называются полиномиальными, и, как правило, если задача имеет полиномиальный алгоритм решения, то она может быть решена на ЭВМ с большой эффективностью. К таким можно отнести задачи сортировки данных, многие задачи математического программирования и т.**

**п.**

**Следовательно, современный компьютер не может выполнить решение полностью аналитически. Возможна замена аналитического решения численным алгоритмом, который итеративно (то есть циклически повторяя операции) или рекурсивно (вызывая процедуру расчета из самой себя) выполняет операции, шаг за шагом приближаясь к решению. Если число этих операций возрастает, время выполнения, а возможно, и расход других ресурсов (например, ограниченной машинной памяти), также возрастает, стремясь к бесконечности. Задачи, своими алгоритмами решения создающие предпосылки для резкого возрастания использования ресурсов, в общем виде не могут быть решены на цифровых вычислительных машинах, так как ресурсы всегда ограничены.**

**Решением подобных задач и занимается искусственный интеллект. Исследователи изучают процессы мышления, разумное поведение для того, чтобы найти методы решения подобных задач, так как человек в своей деятельности сталкивается с ними достаточно часто и успешно решает. Хотя до сих пор многие задачи не решены, определенные достижения в этой области есть. Исследователи использовали различные подходы и методы, чтобы получить результат. В конце 50-х годов родилась модель лабиринтного поиска и появилась теория распознавания образов как следствие начала использования ЭВМ для решения невычислительных задач.**



**Начало 60-х годов называют эпохой эвристического программирования, когда использовались стратегии действий на основе известных, заранее заданных эвристик. Эвристики позволяют сокращать количество рассматриваемых вариантов. В середине 60-х годов к решению задач стали активно подключать методы математической логики. С середины 70-х годов исследователи стали уделять внимание системам, основным на экспертных знаниях.**

**Такие системы применимы к слабоформализуемым задачам.**

**Неформализованные задачи обычно обладают следующими**

**особенностями:**

- **ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью исходных данных;**
- **ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью знаний о проблемной области и решаемой задаче;**
- **большой размерностью пространства решения (то есть перебор при поиске решения весьма велик);**
- **динамически изменяющимися данными и знаниями.**

# Основные подходы к исследованию искусственного интеллекта

Вскоре после признания искусственного интеллекта отдельной областью науки произошло разделение его на два направления: нейрокибернетика и кибернетика черного ящика. Эти направления развиваются практически независимо друг от друга, существенно различаясь как в методологии, так и в технологии.

Нейрокибернетики взяли за основу структуру и принципы функционирования единственного созданного природой устройства, способного рассуждать, – мозга. Клетки мозга называются нейронами, отсюда и название направления. Ученые считают, что, смоделировав мозг, смогут воссоздать и его работу.

**Исследователи направления «кибернетика черного ящика» придерживались мнения, что не важно, по каким принципам работает устройство, какие средства и методы лежат в его основе, главное – имитировать функции мозга, даже если кроме результата это не будет иметь ничего общего с естественным разумом.**

**В настоящее время стали заметны тенденции к объединению этих направлений вновь в единое целое. Стало появляться множество гибридных методов и систем, например экспертная система на базе нейронной сети или нейронная сеть, обучаемая генетическим алгоритмом.**

**Исследователи, моделирующие только отдельные функции интеллекта, например распознавание образов, синтез речи, принятие решений, работают в рамках направления «слабый искусственный интеллект». Попытки воссоздать работу интеллекта в полном объеме относятся к направлению «сильный искусственный интеллект». Все основные достижения в области искусственного интеллекта относятся к слабому искусственному интеллекту.**

**Кроме этого выделяют нисходящий (семиотический) и восходящий (биологический) подходы.**

**Нисходящий подход предусматривает моделирование высокоуровневых психических процессов, таких как мышление, речь, эмоции и т.д.**

**Восходящий подход исследует интеллектуальное поведение систем на базе более мелких «неинтеллектуальных» элементов. Нейронные сети и эволюционное моделирование относятся к этому подходу.**

**Интеллектуальные системы разрабатываются с привлечением различных средств и методов. Существует четыре основных подхода к их построению: логический, структурный, эволюционный и имитационный.**

**Основой для логического подхода служит булева алгебра. Такая интеллектуальная система представляет собой машину доказательства теорем. При этом исходные данные хранятся в базе данных в виде аксиом, правила логического вывода – как отношения между ними. Кроме того, каждая такая машина имеет блок генерации цели, и система вывода пытается доказать данную цель как теорему. Если цель доказана, то трассировка примененных правил позволяет получить цепочку действий, необходимых для реализации поставленной цели. Мощность такой системы определяется возможностями генератора целей и машиной доказательства теорем. Для большинства логических методов характерна большая трудоемкость, поскольку во время поиска доказательства возможен полный перебор вариантов. Поэтому данный подход требует эффективной реализации вычислительного процесса, и хорошая работа обычно гарантируется при сравнительно небольшом размере базы данных.**

**Под структурным подходом подразумеваются попытки построения интеллектуальной системы путем моделирования структуры человеческого мозга, то есть рассматриваются системы, построенные в рамках направления «нейрокибернетика».**

**При построении интеллектуальной системы с помощью эволюционного подхода основное внимание уделяется построению начальной модели и правилам, по которым она может изменяться (эволюционировать). Причем модель может быть составлена по самым различным методам: это может быть и нейронная сеть, и набор логических правил, и любая другая модель. На основании проверки моделей отбираются самые лучшие из них, и на их базе по самым различным правилам генерируются новые модели, из которых опять выбираются самые лучшие и т.д.**



**Имитационный подход используется в рамках направления «кибернетика черного ящика». Интеллектуальные системы при таком подходе должны моделировать некую интеллектуальную функцию, то есть устанавливать необходимое соответствие между входами и выходами системы.**

## **Основные направления исследований в области искусственного интеллекта**

**Тематика искусственного интеллекта охватывает огромный перечень научных направлений, начиная с таких задач общего характера, как обучение и восприятие, и заканчивая такими специальными задачами, как игра в шахматы, доказательство математических теорем, сочинение поэтических произведений и диагностика заболеваний. В искусственном интеллекте систематизируются и автоматизируются интеллектуальные задачи, и поэтому эта область касается любой сферы интеллектуальной деятельности человека.**

**Среди множества направлений искусственного интеллекта есть несколько ведущих, которые в настоящее время вызывают наибольший интерес у исследователей и практиков.**

***Представление знаний и разработка систем, основанных на знаниях***

**Это основное направление в области разработки систем искусственного интеллекта. Оно связано с разработкой моделей представления знаний, созданием баз знаний, образующих ядро экспертных систем.**

## *Программное обеспечение систем искусственного интеллекта*

**В рамках этого направления разрабатываются специальные языки для решения интеллектуальных задач, в которых упор делается на преобладание логической и символьной обработки над вычислительными процедурами. Языки ориентированы на символьную обработку информации: LISP, PROLOG, РЕФАЛ и др. Помимо этого создаются пакеты прикладных программ, ориентированные на промышленную разработку интеллектуальных систем, или программные инструментарии искусственного интеллекта.**

*Разработка естественно-языковых интерфейсов и  
машинный перевод*

**Начиная с 50-х годов одной из популярных тем исследований в области искусственного интеллекта является компьютерная лингвистика, и в частности машинный перевод. Идея машинного перевода оказалась совсем не так проста, как казалось первым исследователям и разработчикам.**

## ***Интеллектуальные роботы***

**Роботы – это электротехнические устройства, предназначенные для автоматизации человеческого труда. Выделяют несколько поколений роботов.**

**I поколение. Роботы с жесткой схемой управления. Практически все современные промышленные роботы принадлежат к первому поколению. Фактически это программируемые манипуляторы.**

**II поколение. Адаптивные роботы с сенсорными устройствами. Есть образцы таких роботов, но в промышленности они пока используются мало.**

**III поколение. Самоорганизующиеся или интеллектуальные роботы. Это – конечная цель развития робототехники. Основные нерешенные проблемы при создании интеллектуальных роботов – проблема машинного зрения и проблема адекватного хранения и обработки трехмерной визуальной информации.**

**В настоящее время в мире изготавливается более 60 000 роботов в год. Фактически робототехника сегодня – это инженерная наука, не отвергающая технологий искусственного интеллекта, но не готовая пока к их внедрению в силу различных причин.**

## *Обучение и самообучение*

**Активно развивающаяся область искусственного интеллекта. Включает модели, методы и алгоритмы, ориентированные на автоматическое накопление и формирование знаний на основе анализа и обобщения данных, обучение по примерам (или индуктивное), а также традиционные подходы из теории распознавания образов.**

**В последние годы к этому направлению тесно примыкают стремительно развивающиеся системы анализа данных и поиска закономерностей в базах данных.**

## *Распознавание образов*

**Направление искусственного интеллекта, берущее начало у самых его истоков, но в настоящее время выделившееся в самостоятельную науку. Ее основной подход – описание классов объектов через определенные значения значимых признаков. Каждому объекту ставится в соответствие матрица признаков, по которой происходит его распознавание. Процедура распознавания использует чаще всего специальные математические процедуры и функции, разделяющие объекты на классы. Это направление близко к машинному обучению и тесно связано с нейрокибернетикой.**



## *Новые архитектуры компьютеров*

Самые современные процессоры сегодня основаны на традиционной последовательной архитектуре фон Неймана, используемой еще в компьютерах первых поколений. Эта архитектура крайне неэффективна для символьной обработки. Поэтому усилия многих научных коллективов и фирм уже десятки лет нацелены на разработку аппаратных архитектур, предназначенных для обработки символьных и логических данных. Создаются Пролог- и Лисп-машины, компьютеры V и VI поколений. Последние разработки посвящены компьютерам баз данных, параллельным и векторным компьютерам. И хотя удачные промышленные решения существуют, высокая стоимость, недостаточное программное оснащение и аппаратная несовместимость с традиционными компьютерами существенно тормозят широкое использование новых архитектур.

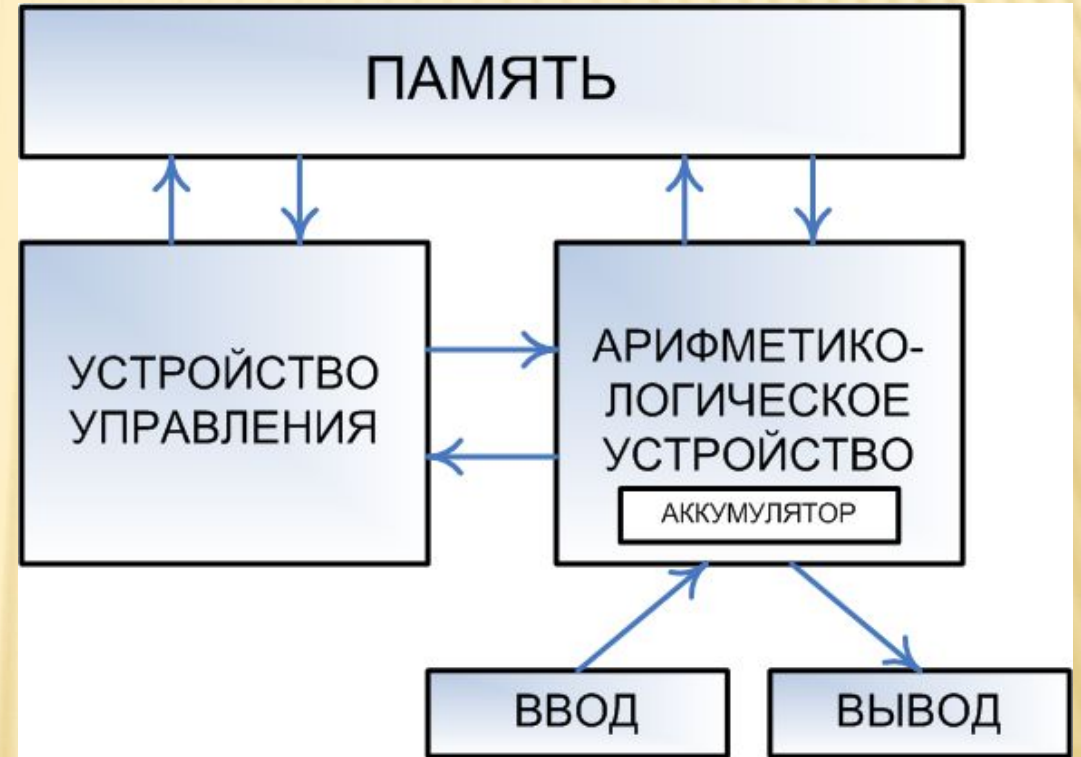
## Архитектура фон Неймана

Когда говорят об архитектуре фон Неймана, подразумевают принцип хранения данных и инструкций в одной памяти.

### *Принципы фон Неймана*

#### Принцип однородности памяти

Команды и данные хранятся в одной и той же памяти и внешне в памяти неразличимы. Одно и то же значение в ячейке памяти может использоваться и как данные, и как команда, и как адрес в зависимости лишь от способа обращения к нему. Это позволяет производить над командами те же операции, что и над числами. Команды одной программы могут быть получены как результат исполнения другой программы.



### ***Принцип адресности***

**Структурно основная память состоит из пронумерованных ячеек, причем процессору в произвольный момент доступна любая ячейка. Двоичные коды команд и данных разделяются на единицы информации, называемые словами, и хранятся в ячейках памяти, а для доступа к ним используются номера соответствующих ячеек — адреса.**

### ***Узкое место архитектуры фон Неймана***

**Совместное использование шины для памяти программ и памяти данных приводит к узкому месту архитектуры фон Неймана, а именно ограничению пропускной способности между процессором и памятью по сравнению с объёмом памяти. Из-за того, что память программ и память данных не могут быть доступны в одно и то же время, пропускная способность является значительно меньшей, чем скорость, с которой процессор может работать.**

**Гарвардская архитектура — архитектура ЭВМ, отличительными признаками которой являются:**

- 1. Хранилище инструкций и хранилище данных представляют собой разные физические устройства.**
- 2. Канал инструкций и канал данных также физически разделены.**

**В чистой архитектуре фон Неймана процессор одновременно может либо читать инструкцию, либо читать/записывать единицу данных из/в памяти. И то, и другое, не может происходить одновременно, поскольку инструкции и данные используют один и тот же поток (шину).**

**В компьютере с использованием гарвардской архитектуры процессор может читать инструкции и выполнять доступ к памяти данных одновременно, без использования кэш-памяти. Таким образом, компьютер с гарвардской архитектурой при определенной сложности схемы быстрее, чем компьютер с архитектурой фон Неймана, поскольку шины инструкций и данных расположены на разных, не связанных между собой физически, каналах.**

## *Игры*

Это ставшее скорее историческим направление связано с тем, что на заре исследований искусственного интеллекта традиционно включало в себя игровые интеллектуальные задачи – шахматы, шашки, го. В основе первых программ лежал один из ранних подходов – лабиринтная модель мышления плюс эвристики.

Сейчас это скорее коммерческое направление, так как в научном плане эти идеи считаются тупиковыми. В настоящее время в компьютерных играх стали применяться другие идеи искусственного интеллекта – нейронные сети, интеллектуальные агенты, генетические алгоритмы и т.д., которые позволяют создавать персонажей (ботов) с различной степенью «интеллекта». Использование методов искусственного интеллекта в играх позволяет получать новые эффективные решения, создавать шаблоны проектирования, повышать развлекательность и достоверность игр.

## *Машинное творчество*

Направление охватывает сочинение компьютером музыки (Айзексон, Хиллер, Зармпов), стихов (Д. Линк), живописи (Х. Фарид, Л. Моура) и даже сказок и афоризмов. Основным методом подобного «творчества» является метод пермутаций (перестановок) плюс использование некоторых баз знаний и данных, содержащих результаты исследований по структурам текстов, рифм, сценариям и т.п.

## *Нечеткие модели и мягкие вычисления.*

**Это направление представлено нечеткими схемами «вывода по аналогии», взглядом на теорию нечетких мер с вероятностных позиций, нечетким представлением аналитическими моделями для описания геометрических объектов, алгоритмами эволюционного моделирования с динамическими параметрами, такими как время жизни и размер популяции, методами решения оптимизационных задач с использованием технологий генетического поиска, гомеостатических и синергетических принципов и элементов самоорганизации.**

## *Эвристическое программирование*

**В рамках направления исследуют последовательности мыслительных операций, выполнение которых приводит к успешному решению той или иной задачи, моделируют мыслительную деятельность человека для решения задач, не имеющих строгого формализованного алгоритма или связанных с неполнотой исходных данных.**



## *Искусственная жизнь*

**Направление исследований, целью которого является создание искусственных существ, способных действовать не менее эффективно, чем живые существа. Мягкая искусственная жизнь создает вычислительные системы и модели, действующие на базе биологических и эволюционных принципов. Влажная искусственная жизнь синтезирует новые искусственные биологические формы. В рамках этого направления используют генетические алгоритмы, клеточные автоматы, автономные агенты и т.д.**

## *Когнитивное моделирование*

**Научное направление, являющееся плодотворным синтезом когнитивной графики и вычислительного моделирования, позволяющее существенно повысить познавательную эффективность современных ЭВМ. Методология когнитивного моделирования предназначена для анализа и принятия решений в плохо определенных ситуациях, основывается на моделировании субъективных представлений эксперта.**

## *Эволюционное моделирование*

**При эволюционном моделировании процесс моделирования сложной социально-экономической системы сводится к созданию модели его эволюции или к поиску допустимых состояний системы, к процедуре (алгоритму) отслеживания множества допустимых состояний (траекторий).**

## *Многоагентные системы*

**Направление искусственного интеллекта, которое рассматривает решение одной задачи несколькими интеллектуальными подсистемами – агентами. Агент – аппаратная или программная сущность, способная действовать в интересах достижения цели, поставленной перед всей системой.**

**Социальные системы дают еще одно модельное представление интеллекта с помощью глобального поведения, позволяющего им решать проблемы, которые бы не удалось решить отдельным их членам. Агенты в таких системах автономны или полуавтономны, у каждого агента есть определенный круг подзадач, причем он располагает малым знанием (или вовсе не располагает знанием) о том, что делают другие агенты или как они это делают. Каждый агент выполняет свою независимую часть решения проблемы и либо выдает собственно результат (что-то совершает), либо сообщает результат другим агентам.**

## *Онтологии*

**В рамках этого направления исследуется возможность всеобъемлющей и детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы – иерархической структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила предметной области. Онтологии используются и людьми, и программными агентами, позволяют повторно использовать знания предметной области, отделять их от оперативных знаний и анализировать их. Разрабатываются языки описания онтологий (RDF, DAML, OWL, KIF).**

## *Компьютерные вирусы*

**Последнее поколение компьютерных вирусов обладает всеми атрибутами систем искусственного интеллекта. Эти вирусы способны к размножению, мутации, эволюции, обучению. Современные проблемы по защите от них окажутся незначительными, когда они полностью проникнут в сферу искусственного интеллекта. Методы искусственного интеллекта необходимы как для их создания, так и для разработки эффективных средств защиты.**

*Интеллектуальное математическое  
моделирование*

**В данном направлении системы имитируют творческую деятельность математика-профессионала, занимающегося решением, например, краевых задач математической физики. Для этого используются базы знаний, содержащие теоремы, математические зависимости, эвристические правила. Такие системы способны к обучению и самообучению.**

## **Определение интеллектуальной информационной системы**

**Существует большое множество интеллектуальных информационных систем (ИИС). Однако общепринятого единого определения интеллектуальной информационной системы нет.**

**Интеллектуальной информационной системой называют автоматизированную информационную систему, основанную на знаниях, или комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке.**

**Кроме того, информационно-вычислительными системами с интеллектуальной поддержкой для решения сложных задач называют те системы, в которых логическая обработка информации превалирует над вычислительной.**



**Таким образом, любая информационная система, решающая интеллектуальную задачу или использующая методы искусственного интеллекта, относится к интеллектуальным.**

**Для интеллектуальных информационных систем характерны следующие признаки:**

- развитые коммуникативные способности;**
- умение решать сложные плохо формализуемые задачи;**
- способность к самообучению;**
- адаптивность.**

**Коммуникативные способности ИИС характеризуют способ взаимодействия (интерфейса) конечного пользователя с системой, в частности возможность формулирования произвольного запроса в диалоге с ИИС на языке, максимально приближенном к естественному.**

**Сложные плохо формализуемые задачи – это задачи, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, для которой могут быть характерны неопределенность и динамичность исходных данных и знаний.**

**Способность к самообучению – это возможность автоматического извлечения знаний для решения задач из накопленного опыта конкретных ситуаций.**

**Адаптивность – способность к развитию системы в соответствии с объективными изменениями модели проблемной области.**

# Классификация интеллектуальных систем

**В соответствии с перечисленными признаками ИИС делятся на (данная классификация – одна из возможных) (рис. 1):**

- **системы с коммутативными способностями (с интеллектуальным интерфейсом);**
- **экспертные системы (системы для решения сложных задач);**
- **самообучающиеся системы (системы, способные к самообучению);**
- **адаптивные системы (адаптивные информационные системы).**

интерфейсы

- Гипертекстовые системы
- Контекстные справочные системы
- Когнитивная графика
  
- Экспертные системы
  - Классифицирующие системы
  - Доопределяющие системы
  - Трансформирующие системы
  - Многоагентные системы
  
- Самообучающиеся системы
  - Индуктивные системы
  - Нейронные сети
  - Системы на прецедентах
  - Информационные хранилища

*Интеллектуальные базы данных*  
отличаются от обычных баз данных  
возможностью выборки по запросу  
необходимой информации, которая может  
явно не храниться, а выводиться из  
имеющейся в базе данных.

***Естественно-языковой интерфейс*** предполагает трансляцию естественно-языковых конструкций на внутримашинный уровень представления знаний. Для этого необходимо решать задачи морфологического, синтаксического и семантического анализа и синтеза высказываний на естественном языке. Так, морфологический анализ предполагает распознавание и проверку правильности написания слов по словарям, синтаксический контроль – разложение входных сообщений на отдельные компоненты (определение структуры) с проверкой соответствия грамматическим правилам внутреннего представления знаний и выявления недостающих частей и, наконец, семантический анализ – установление смысловой правильности синтаксических конструкций. Синтез высказываний решает обратную задачу преобразования внутреннего представления информации в естественно-языковое.

**Естественно-языковой интерфейс** используется для:

- доступа к интеллектуальным базам данных;
- контекстного поиска документальной текстовой информации;
- голосового ввода команд в системах управления;
- машинного перевода с иностранных языков.

*Гипертекстовые системы* предназначены для реализации поиска по ключевым словам в базах текстовой информации. Интеллектуальные гипертекстовые системы отличаются возможностью более сложной семантической организации ключевых слов, которая отражает различные смысловые отношения терминов. Таким образом, механизм поиска работает прежде всего с базой знаний ключевых слов, а уже затем непосредственно с текстом. В более широком плане сказанное распространяется и на поиск мультимедийной информации, включающей, помимо текстовой, и цифровую информацию.

***Системы контекстной помощи можно рассматривать как частный случай интеллектуальных гипертекстовых и естественно-языковых систем. В отличие от обычных систем помощи, навязывающих пользователю схему поиска требуемой информации, в системах контекстной помощи пользователь описывает проблему (ситуацию), а система с помощью дополнительного диалога ее конкретизирует и сама выполняет поиск относящихся к ситуации рекомендаций. Такие системы относятся к классу систем распространения знаний (Knowledge Publishing) и создаются как приложение к системам документации (например, технической документации по эксплуатации товаров).***



***Системы когнитивной графики* позволяют осуществлять интерфейс пользователя с ИИС с помощью графических образов, которые генерируются в соответствии с происходящими событиями. Такие системы используются в мониторинге и управлении оперативными процессами. Графические образы в наглядном и интегрированном виде описывают множество параметров изучаемой ситуации. Например, состояние сложного управляемого объекта отображается в виде человеческого лица, на котором каждая черта отвечает за какой-либо параметр, а общее выражение лица дает интегрированную характеристику ситуации. Системы когнитивной графики широко используются также в обучающих и тренажерных системах на основе использования принципов виртуальной реальности, когда графические образы моделируют ситуации, в которых обучаемому необходимо принимать решения и выполнять определенные действия.**

*Экспертные системы* предназначены для решения задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в рассматриваемой проблемной области.

***Многоагентные системы.*** Для таких динамических систем характерна интеграция в базе знаний нескольких разнородных источников знаний, обменивающихся между собой получаемыми результатами на динамической основе.

Для *многоагентных систем* характерны следующие особенности:

- 1)** проведение альтернативных рассуждений на основе использования различных источников знаний с механизмом устранения противоречий;
- 2)** распределенное решение проблем, которые разбиваются на параллельно решаемые подпроблемы, соответствующие самостоятельным источникам знаний;
- 3)** применение множества стратегий работы механизма вывода заключений в зависимости от типа решаемой проблемы;
- 4)** обработка больших массивов данных, содержащихся в базе данных;
- 5)** использование различных математических моделей и внешних процедур, хранимых в базе моделей;

**способность прерывания решения задач в связи с необходимостью получения дополнительных данных и знаний от пользователей, моделей, параллельно решаемых подпроблем.**

**В основе самообучающихся систем лежат методы автоматической классификации примеров ситуаций реальной практики.**

**Характерными признаками самообучающихся систем являются:**

- самообучающиеся системы «с учителем», когда для каждого примера задается в явном виде значение признака его принадлежности некоторому классу ситуаций (классообразующего признака);**
- самообучающиеся системы «без учителя», когда по степени близости значений признаков классификации система сама выделяет классы ситуаций.**

*Индуктивные системы* используют обобщение примеров по принципу от частного к общему.

Процесс классификации примеров осуществляется следующим образом:

- 1.** Выбирается признак классификации из множества заданных (либо последовательно, либо по какому-либо правилу, например в соответствии с максимальным числом получаемых подмножеств примеров).
- 2.** По значению выбранного признака множество примеров разбивается на подмножества.
- 3.** Выполняется проверка, принадлежит ли каждое образовавшееся подмножество примеров одному подклассу.
- 4.** Если какое-то подмножество примеров принадлежит одному подклассу, то есть у всех примеров подмножества совпадает значение классообразующего признака, то процесс классификации заканчивается (при этом остальные признаки классификации не рассматриваются).
- 5.** Для подмножеств примеров с несовпадающим значением классообразующего признака процесс классификации продолжается начиная с пункта 1 (каждое подмножество примеров становится классифицируемым множеством).

***Нейронные сети*** представляют собой устройства параллельных вычислений, состоящие из множества взаимодействующих простых процессоров. Каждый процессор такой сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам.

В экспертных системах, *основанных на прецедентах* (аналогиях), база знаний содержит описания не обобщенных ситуаций, а собственно сами ситуации или прецеденты.

Поиск решения проблемы в экспертных системах, основанных на прецедентах, сводится к поиску по аналогии (то есть абдуктивный вывод от частного к частному).

**В отличие от интеллектуальной базы данных, *информационное хранилище* представляет собой хранилище извлеченной значимой информации из оперативной базы данных, которое предназначено для оперативного ситуационного анализа данных (реализации OLAP-технологии).**

**Типичными задачами оперативного ситуационного анализа являются:**

- определение профиля потребителей конкретных объектов хранения;**
- предсказание изменений объектов хранения во времени;**
- анализ зависимостей признаков ситуаций (корреляционный анализ).**

***Адаптивная информационная система*** – это информационная система, которая изменяет свою структуру в соответствии с изменением модели проблемной области.

**При этом:**

- 1) адаптивная информационная система должна в каждый момент времени адекватно поддерживать организацию бизнес-процессов;**
- 2) адаптивная информационная система должна проводить адаптацию всякий раз, как возникает потребность в реорганизации бизнес-процессов;**
- 3) реконструкция информационной системы должна проводиться быстро и с минимальными затратами.**

**Ядром адаптивной информационной системы является постоянно развиваемая модель проблемной области (предприятия), поддерживаемая в специальной базе знаний – репозитории. На основе ядра осуществляется генерация или конфигурация программного обеспечения. Таким образом, проектирование и адаптация ИС сводится, прежде всего, к построению модели проблемной области и ее своевременной корректировке.**



**Так как нет общепринятого определения, четкую единую классификацию интеллектуальных информационных систем дать затруднительно.**

**Если рассматривать интеллектуальные информационные системы с точки зрения решаемой задачи, то можно выделить системы управления и справочные системы, системы компьютерной лингвистики, системы распознавания, игровые системы и системы создания интеллектуальных информационных систем (рис. 2).**

**При этом системы могут решать не одну, а несколько задач или в процессе решения одной задачи решать и ряд других. Например, при обучении иностранному языку система может решать задачи распознавания речи обучаемого, тестировать, отвечать на вопросы, переводить тексты с одного языка на другой и поддерживать естественно-языковой интерфейс работы.**

- Компьютерная лингвистика
  - Системы машинного перевода
  
- Системы распознавания речи (управляющие, диктовка)
  
- Системы синтеза речи
  
- Системы реферирования текстов
  
- Естественно-языковые интерфейсы
  
  
- Распознавание образов
  - Системы распознавания текста (печатного, рукописного)
  
- Системы идентификации (по голосу, походке, сетчатке и т.д.)
  
- Системы поиска (изображений, людей и т.д.)
  
  
- Игры и творчество
  - Компьютерные игры (боты, разработки игр)

**Если классифицировать интеллектуальные информационные системы по критерию «используемые методы», то они делятся на жесткие, мягкие и гибридные (рис. 3).**

***Мягкие вычисления* – это сложная компьютерная методология, основанная на нечеткой логике, генетических вычислениях, нейрокомпьютинге и вероятностных вычислениях. *Жесткие вычисления* – традиционные компьютерные вычисления (не мягкие). *Гибридные системы* – системы, использующие более чем одну компьютерную технологию (в случае интеллектуальных систем – технологии искусственного интеллекта).**

- **Интеллектуальные информационные системы**

- Жесткие

- Методы лабиринтного поиска

- Эвристическое программирование

- Модели представления знаний (сетевая, продукционная, логическая, фреймовая)

- Другие

- Мягкие

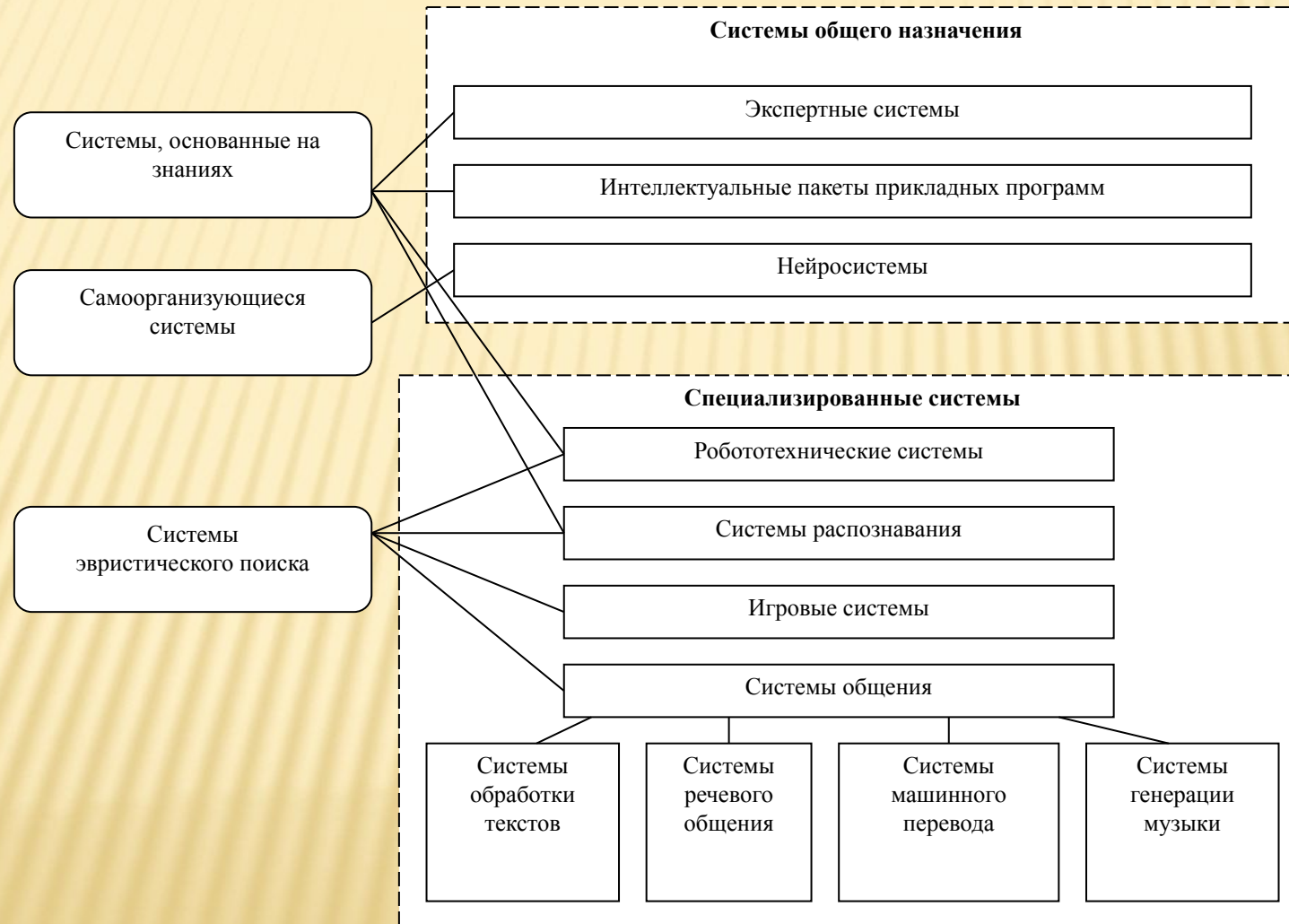
- Нейронные сети

- Эволюционные методы

- Нечеткая логика и нечеткие множества

- Гибридные

# Возможны и другие классификации, например выделяют системы общего назначения и специализированные системы



**Кроме того, эта схема отражает еще один вариант классификации по методам: системы, использующие методы представления знаний, самоорганизующиеся системы и системы, созданные с помощью эвристического программирования. Также в этой классификации системы генерации музыки отнесены к системам общения.**

**К интеллектуальным системам общего назначения относятся системы, которые не только исполняют заданные процедуры, но на основе метапроцедур поиска генерируют и исполняют процедуры решения новых конкретных задач.**

**Специализированные интеллектуальные системы выполняют решение фиксированного набора задач, predeterminedенного при проектировании системы.**

**Отсутствие четкой классификации также объясняется многообразием интеллектуальных задач и интеллектуальных методов, кроме того, искусственный интеллект – активно развивающаяся наука, в которой новые прикладные области осваиваются ежедневно.**