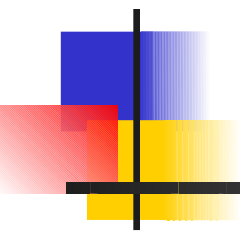


СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
3 курс, весна 2015

Доц. Баклан И.В.
Email: iaa@ukr.net
Web: intelsys.ucoz.ru



Лекция 1. Введение в искусственный интеллект



Что такое искусственный интеллект?

- **Искусственный интеллект** — это одна из новейших областей науки. Первые работы в этой области начались вскоре после Второй мировой войны, а само ее название было предложено в 1956 году.



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые думают подобно людям
- Системы, которые действуют подобно людям
- Системы, которые думают рационально
- Системы, которые действуют рационально



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые думают подобно людям:
 - "Новое захватывающее направление работ по созданию компьютеров, способных думать, ...машин, обладающих разумом, в полном и буквальном смысле этого слова"



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые думают подобно людям:
 - "[Автоматизация] действий, которые мы ассоциируем с человеческим мышлением, т.е. таких действий, как принятие решений, решение задач, обучение..."



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые действуют подобно людям:
 - "Искусство создания машин, которые выполняют функции, требующие интеллектуальности при их выполнении людьми"



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые действуют подобно людям:
 - "Наука о том, как научить компьютеры делать то, в чем люди в настоящее время их превосходят"



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые думают рационально:
 - "Изучение умственных способностей с помощью вычислительных моделей"
 - "Изучение таких вычислений, которые позволяют чувствовать, рассуждать и действовать"



Что такое искусственный интеллект?

- Системы, которые действуют рационально:
 - "Вычислительный интеллект — это наука о проектировании интеллектуальных агентов"
 - "Искусственный интеллект...— это наука, посвященная изучению интеллектуального поведения артефактов"



Тест Тьюринга

- Тест Тьюринга, предложенный Аланом Тьюрингом [1520], был разработан в качестве удовлетворительного функционального определения интеллекта.



Тест Тьюринга

- Компьютер успешно пройдет этот тест, если человек-экспериментатор, задавший ему в письменном виде определенные вопросы, не сможет определить, получены ли письменные ответы от другого человека или от некоторого устройства.



Тест Тьюринга

- Запрограммированный таким образом компьютер должен обладать перечисленными ниже возможностями:
 - Средства обработки текстов на естественных языках (Natural Language Processing — NLP), позволяющие успешно общаться с компьютером, скажем на английском языке.



Тест Тьюринга

- Запрограммированный таким образом компьютер должен обладать перечисленными ниже возможностями:
 - Средства представления знаний, с помощью которых компьютер может записать в память то, что он узнает или прочитает.



Тест Тьюринга

- Запрограммированный таким образом компьютер должен обладать перечисленными ниже возможностями:
 - Средства автоматического формирования логических выводов, обеспечивающие возможность использовать хранимую информацию для поиска ответов на вопросы и вывода новых заключений.



Тест Тьюринга

- Запрограммированный таким образом компьютер должен обладать перечисленными ниже возможностями:
 - Средства машинного обучения, которые позволяют приспособливаться к новым обстоятельствам, а также обнаруживать и экстраполировать признаки стандартных ситуаций.



Тест Тьюринга

- В тесте Тьюринга сознательно исключено непосредственное физическое взаимодействие экспериментатора и компьютера, поскольку для создания искусственного интеллекта не требуется физическая имитация человека.




Тест Тьюринга

- Но в так называемом **полном тесте Тьюринга** предусмотрено использование видеосигнала для того, чтобы экспериментатор мог проверить способности испытуемого объекта к восприятию, а также имел возможность представить физические объекты "в неполном виде" (пропустить их "через штриховку").




Тест Тьюринга

- Чтобы пройти полный тест Тьюринга, компьютер должен обладать перечисленными ниже способностями:
 - Машинное зрение для восприятия объектов.
 - Средства робототехники для манипулирования объектами и перемещения в пространстве.




Как мыслить по-человечески: подход, основанный на КОГНИТИВНОМ моделировании

- Прежде чем утверждать, что какая-то конкретная программа мыслит, как человек, требуется иметь некоторый способ определения того, как же мыслят люди. Необходимо проникнуть в сам фактически происходящий процесс работы человеческого разума. Для этого могут использоваться два способа: интроспекция (попытка проследить за ходом собственных мыслей) и психологические эксперименты.




Как мыслить по-человечески: подход, основанный на КОГНИТИВНОМ моделировании

- Только после создания достаточно точной теории мышления появится возможность представить формулы этой теории в виде компьютерной программы. И если входные и выходные данные программы, а также распределение выполняемых ею действий во времени будут точно соответствовать поведению человека, это может свидетельствовать о том, что некоторые механизмы данной программы могут также действовать в человеческом мозгу.




Как мыслить по-человечески: подход, основанный на КОГНИТИВНОМ моделировании

- Например, Аллен Ньюэлл (Allen Newell) и Герберт Саймон (Herbert Simon), которые разработали программу **GPS** ("General Problem Solver" —универсальный решатель задач), не стремились лишь к тому, чтобы эта программа правильно решала поставленные задачи. Их в большей степени заботило, чтобы запись этапов проводимых ею рассуждений совпадала с регистрацией рассуждений людей, решающих такие же задачи.




Как мыслить по-человечески: подход, основанный на КОГНИТИВНОМ моделировании

- В междисциплинарной области **КОГНИТОЛОГИИ** совместно используются компьютерные модели, взятые из искусственного интеллекта, и экспериментальные методы, взятые из психологии, для разработки точных и обоснованных теорий работы человеческого мозга.




подход, основанный на использовании "законов мышления"

- Греческий философ Аристотель был одним из первых, кто попытался определить законы "правильного мышления", т.е. процессы формирования неопровержимых рассуждений. Его **силлогизмы** стали образцом для создания процедур доказательства, которые всегда позволяют прийти к правильным заключениям, если даны правильные предпосылки.




подход, основанный на использовании "законов мышления"

- "Сократ — человек; все люди смертны; следовательно, Сократ смертен".




ПОДХОД, ОСНОВАННЫЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ "ЗАКОНОВ МЫШЛЕНИЯ"

- К 1965 году были уже разработаны программы, которые могли в принципе решить любую разрешимую проблему, описанную в системе логических обозначений. Исследователи в области искусственного интеллекта, придерживающиеся так называемых традиций **ЛОГИЦИЗМА**, надеются, что им удастся создать интеллектуальные системы на основе подобных программ.




подход, основанный на использовании "законов мышления"

- Но при осуществлении указанного подхода возникают два серьезных препятствия.
 - Во-первых, довольно сложно взять любые неформальные знания и выразить их в формальных терминах, требуемых для системы логических обозначений, особенно если эти знания не являются полностью достоверными.




подход, основанный на использовании "законов мышления"

- Но при осуществлении указанного подхода возникают два серьезных препятствия.
 - Во-вторых, возможность сравнительно легко решить проблему "в принципе" отнюдь не означает, что это действительно удастся сделать на практике.




подход, основанный на использовании "законов мышления"

- Хотя с обоими этими препятствиями приходится сталкиваться при любой попытке создания вычислительных систем для автоматизации процесса проведения рассуждений, они были впервые обнаружены в рамках традиций логицизма.




подход, основанный на использовании рационального агента

- **Агентом** считается все, что действует (от из латинского слова *agere* — действовать). Предполагается, что компьютерные агенты обладают некоторыми другими атрибутами, которые отличают их от обычных "программ", такими как способность функционировать под автономным управлением, воспринимать свою среду, существовать в течение продолжительного периода времени, адаптироваться к изменениям и обладать способностью взять на себя достижение целей, поставленных другими




подход, основанный на использовании рационального агента

- **Рациональным агентом** называется агент, который действует таким образом, чтобы можно было достичь наилучшего результата или, в условиях неопределенности, наилучшего ожидаемого результата.




подход, основанный на использовании рационального агента

- Безусловно, иногда формирование правильных логических выводов становится и частью функционирования рационального агента, поскольку один из способов рациональной организации своих действий состоит в том, чтобы логическим путем прийти к заключению, что данное конкретное действие позволяет достичь указанных целей, а затем действовать в соответствии с принятым решением.




подход, основанный на использовании рационального агента

- С другой стороны, правильный логический вывод не исчерпывает понятия рациональности, поскольку часто возникают ситуации, в которых невозможно однозначно выбрать какие-либо правильные действия, но все равно надо что-то делать. Кроме того, существуют способы рациональной организации действий, в отношении которых нельзя утверждать, что в них используется логический вывод.




подход, основанный на использовании рационального агента

- Например, отдергивание пальца от горячей печи — это рефлекторное действие, которое обычно является более успешным по сравнению с более медленным движением, сделанным после тщательного обдумывания всех обстоятельств.



подход, основанный на использовании рационального агента

- Подход к исследованию искусственного интеллекта как области проектирования рациональных агентов имеет, по меньшей мере, два преимущества.
 - *Во-первых*, этот подход является более общим по сравнению с подходом, основанном на использовании "законов мышления", поскольку правильный логический вывод — это просто один из нескольких возможных механизмов достижения рациональности.



подход, основанный на использовании рационального агента

- Подход к исследованию искусственного интеллекта как области проектирования рациональных агентов имеет, по меньшей мере, два преимущества.
 - *Во-вторых*, он является более перспективным для научной разработки по сравнению с подходами, основанными на изучении человеческого поведения или человеческого мышления, поскольку стандарт рациональности четко определен и полностью обобщен.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- **Философия** (период с 428 года до н.э. по настоящее время)
 - Могут ли использоваться формальные правила для вывода правильных заключений?
 - Как такой идеальный объект, как мысль, рождается в таком физическом объекте, как мозг?
 - Каково происхождение знаний?
 - Каким образом знания ведут к действиям?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Точный свод законов, руководящих рациональной частью мышления, был впервые сформулирован Аристотелем (384-322 годы до н.э.). Он разработал неформализованную систему силлогизмов, предназначенную для проведения правильных рассуждений, которая позволяла любому вырабатывать логические заключения механически, при наличии начальных предпосылок.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Гораздо позднее Раймунд Луллий (умер в 1315 году) выдвинул идею, что полезные рассуждения можно фактически проводить с помощью механического артефакта.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Гораздо позднее Раймунд Луллий (умер в 1315 году) выдвинул идею, что полезные рассуждения можно фактически проводить с помощью механического артефакта.
- Томас Гоббс (1588—1679) предположил, что рассуждения аналогичны числовым расчетам и что "в наших неслышимых мыслях мы поневоле складываем и вычитаем".



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Примерно в 1500 году Леонардо да Винчи (1452-1519) спроектировал, но не построил механический калькулятор; недавно проведенная реконструкция показала, что его проект является работоспособным.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Первая известная вычислительная машина была создана примерно в 1623 году немецким ученым Вильгельмом Шиккардом (1592—1635), хотя более известна машина Паскалина, построенная в 1642 году Блезом Паскалем (1623—1662). Паскаль писал, что "арифметическая машина производит эффект, который кажется более близким к мышлению по сравнению с любыми действиями животных".



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Одна из проблем, связанных с чисто физическими представлениями о разуме, состоит в том, что они, по-видимому, почти не оставляют места для свободной воли: ведь если разум руководствуется исключительно физическими законами, то человек проявляет не больше свободной воли по сравнению с булыжником, "решившим" упасть в направлении к центру земли. Несмотря на то что Декарт был убежденным сторонником взглядов, признающих только масть разума, он был также приверженцем дуализма.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Декарт считал, что существует такая часть человеческого разума (душа, или дух), которая находится за пределами естества и не подчиняется физическим законам. С другой стороны, животные не обладают таким дуалистическим свойством, поэтому их можно рассматривать как своего рода машины.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Если предположить, что знаниями манипулирует физический разум, то возникает следующая проблема — установить источник знаний. Такое научное направление, как **эмпиризм**, родоначальником которого был Фрэнсис Бекон (1561—1626), автор Нового Органона, можно охарактеризовать высказыванием Джона Локка (1632—1704): "В человеческом понимании нет ничего, что не проявлялось бы прежде всего в ощущениях".



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Дэвид Юм (1711—1776) в своей книге *A Treatise of Human Nature* (*Трактат о человеческой природе*) предложил метод, известный теперь под названием **принципа индукции**, который состоит в том, что общие правила вырабатываются путем изучения повторяющихся ассоциаций между элементами, которые рассматриваются в этих правилах.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Основываясь на работе Людвиг Виттгенштейна (1889—1951) и Бертрана Рассела (1872—1970), знаменитый Венский кружок, возглавляемый Рудольфом Карнапом (1891—1970), разработал доктрину **логического позитивизма**. Согласно этой доктрине все знания могут быть охарактеризованы с помощью логических теорий, связанных в конечном итоге с **констатирующими предложениями**, которые соответствуют входным сенсорным данным.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- В теории подтверждения Рудольфа Карнапа и Карла Хемпеля (1905—1997) предпринята попытка понять, как знания могут быть приобретены из опыта. В книге Карнапа *The Logical Structure of the World* определена явно заданная вычислительная процедура для извлечения знаний из результатов элементарных опытов. По-видимому, это — первая теория мышления как вычислительного процесса.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Заключительным элементом в этой картине философских исследований проблемы разума является связь между знаниями и действиями. Данный вопрос для искусственного интеллекта является жизненно важным, поскольку интеллектуальность требует не только размышлений, но и действий. Кроме того, только поняв способы обоснования действий, можно понять, как создать агента, действия которого будут обоснованными (или рациональными).



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Аристотель утверждал, что действия обоснованы логической связью между целями и знаниями о результатах данного конкретного действия.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- «...целью умственной деятельности оказывается умозрительное суждение..., тогда как заключением, которое следует из данных двух предпосылок, является действие... Мне нужна защита от дождя; защитой может послужить плащ. Мне нужен плащ. Я должен сам изготовить то, в чем я нуждаюсь; я нуждаюсь в плаще. Я должен изготовить плащ. И заключение "я должен изготовить плащ" становится действием».



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Алгоритм Аристотеля был реализован через 2300 лет Ньюэллом и Саймоном в программе GPS. Теперь то, что создано на его базе, принято называть **регрессивной системой планирования**.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Философы сформулировали наиболее важные идеи искусственного интеллекта, но для преобразования его в формальную науку потребовалось достичь определенного уровня математической формализации в трех фундаментальных областях: логика, вычисления и вероятность.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Математика (период примерно с 800 года по настоящее время)
 - Каковы формальные правила формирования правильных заключений?
 - Как определить пределы вычислимости?
 - Как проводить рассуждения с использованием недостоверной информации?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Истоки идей формальной логики можно найти в работах философов древней Греции, но ее становление как математической дисциплины фактически началась с трудов Джорджа Буля (1815-1864), который детально разработал логику высказываний, или булеву логику. В 1879 году Готтлоб Фреге (1848-1925) расширил булеву логику для включения в нее объектов и отношений, создав логику первого порядка, которая в настоящее время используется как наиболее фундаментальная система представления знаний.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Альфред Тарский (1902-1983) впервые ввел в научный обиход теорию ссылок, которая показывает, как связать логические объекты с объектами реального мира. Следующий этап состоял в определении пределов того, что может быть сделано с помощью логики и вычислений.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Первым нетривиальным **алгоритмом** считается алгоритм вычисления наибольшего общего знаменателя, предложенный Евклидом. Исследование алгоритмов как самостоятельных объектов было начато аль-Хорезми, среднеазиатским математиком IX столетия, благодаря работам которого Европа познакомилась с арабскими цифрами и алгеброй.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Буль и другие ученые широко обсуждали алгоритмы логического вывода, а к концу XIX столетия уже предпринимались усилия по формализации общих принципов проведения математических рассуждений как логического вывода.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- В 1900 году Давид Гильберт (1862—1943) представил список из 23 проблем и правильно предсказал, что эти проблемы будут занимать математиков почти до конца XX века. Последняя из этих проблем представляет собой вопрос о том, существует ли алгоритм для определения истинности любого логического высказывания, в состав которого входят натуральные числа.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Это — так называемая знаменитая **проблема поиска решения** (Entscheidungsproblem). По сути, этот вопрос, заданный Гильбертом, сводился к определению того, есть ли фундаментальные пределы, ограничивающие мощь эффективных процедур доказательства.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- В 1930 году Курт Гёдель (1906—1978) показал, что существует эффективная процедура доказательства любого истинного высказывания в логике первого порядка Фреге и Рассела, но при этом логика первого порядка не позволяет выразить принцип математической индукции, необходимый для представления натуральных чисел.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- В 1931 году Гёдель показал, что действительно существуют реальные пределы вычислимости. Предложенная им **теорема о неполноте** показывает, что в любом языке, достаточно выразительном для описания свойств натуральных чисел, существуют истинные высказывания, которые являются недоказуемыми, в том смысле, что их истинность невозможно установить с помощью какого-либо алгоритма.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Этот фундаментальный результат может также рассматриваться как демонстрация того, что имеются некоторые функции от целых чисел, которые не могут быть представлены с помощью какого-либо алгоритма, т.е. они не могут быть вычислены.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Это побудило Алана Тьюринга (1912—1954) попытаться точно охарактеризовать, какие функции способны быть вычисленными. Этот подход фактически немного проблематичен, поскольку в действительности понятию вычисления, или эффективной процедуры вычисления, не может быть дано формальное определение.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Но общепризнано, что вполне удовлетворительное определение дано в тезисе Чёрча-Тьюринга, который указывает, что машина Тьюринга [1518] способна вычислить любую вычислимую функцию. Кроме того, Тьюринг показал, что существуют некоторые функции, которые не могут быть вычислены машиной Тьюринга. Например, вообще говоря, ни одна машина не способна определить, возвратит ли данная конкретная программа ответ на конкретные входные данные или будет работать до бесконечности.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Хотя для понимания возможностей вычисления очень важны понятия недоказуемости и невычислимости, гораздо большее влияние на развитие искусственного интеллекта оказало понятие **неразрешимости**. Грубо говоря, задача называется неразрешимой, если время, требуемое для решения отдельных экземпляров этой задачи, растет экспоненциально с увеличением размеров этих экземпляров.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Различие между полиномиальным и экспоненциальным ростом сложности было впервые подчеркнуто в середине 1960-х годов в работах Кобхэма и Эдмондса. Важность этого открытия состоит в следующем: экспоненциальный рост означает, что даже экземпляры задачи умеренной величины не могут быть решены за какое-либо приемлемое время. Поэтому, например, приходится заниматься разделением общей задачи выработки интеллектуального поведения на разрешимые подзадачи, а не пытаться решать неразрешимую задачу.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Как можно распознать неразрешимую проблему? Один из приемлемых методов такого распознавания представлен в виде теории **NP-полноты**, впервые предложенной Стивеном Куком и Ричардом Карпом. Кук и Карп показали, что существуют большие классы канонических задач комбинаторного поиска и формирования рассуждений, которые являются NP-полными.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Существует вероятность того, что любой класс задач, к которому сводится этот класс NP-полных задач, является неразрешимым. Хотя еще не было доказано, что NP-полные задачи обязательно являются неразрешимыми, большинство теоретиков считают, что дело обстоит именно так.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Кроме логики и теории вычислений, третий по величине вклад математиков в искусственный интеллект состоял в разработке теории вероятностей. Идея вероятности была впервые сформулирована итальянским математиком Джероламо Кардано (1501—1576), который описал ее в терминах результатов событий с несколькими исходами, возникающих в азартных играх.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Теория вероятностей быстро стала неотъемлемой частью всех количественных наук, помогая использовать недостоверные результаты измерений и неполные теории. Пьер Ферма (1601— 1665), Блез Паскаль (1623—1662), Джеймс Бернулли (1654-1705), Пьер Лаплас (1749-1827) и другие ученые внесли большой вклад в эту теорию и ввели новые статистические методы.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Томас Байес (1702—1761) предложил правило обновления вероятностей с учетом новых фактов. Правило Байеса и возникшее на его основе научное направление, называемое байесовским анализом, лежат в основе большинства современных подходов к проведению рассуждений с учетом неопределенности в системах искусственного интеллекта.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Экономика (период с 1776 года по настоящее время)
 - Как следует организовать принятие решений для максимизации вознаграждения?
 - Как действовать в таких условиях, когда другие могут препятствовать осуществлению намеченных действий?
 - Как действовать в таких условиях, когда вознаграждение может быть предоставлено лишь в отдаленном будущем?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Экономика как наука возникла в 1776 году, когда шотландский философ Адам Смит (1723-1790) опубликовал свою книгу *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (Исследование о природе и причинах богатства народов). Важный вклад в экономику был сделан еще древнегреческими учеными и другими предшественниками, но только Смит впервые сумел оформить эту область знаний как науку, используя идею, что любую экономику можно рассматривать как состоящую из отдельных агентов, стремящихся максимизировать свое собственное экономическое благосостояние.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Большинство людей считают, что экономика посвящена изучению денежного оборота, но любой экономист ответит на это, что в действительности он изучает то, как люди делают выбор, который ведет к предпочтительным для них результатам. Математическая трактовка понятия "предпочтительных результатов", или **полезности**, была впервые формализована Леоном Валрасом (1834—1910), уточнена Фрэнком Рамсеем [1265], а затем усовершенствована Джоном фон Нейманом и Оскаром Моргенштерном.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- **Теория решений**, которая объединяет в себе теорию вероятностей и теорию полезности, предоставляет формальную и полную инфраструктуру для принятия решений (в области экономики или в другой области) в условиях неопределенности, т.е. в тех случаях, когда среда, в которой действует лицо, принимающее решение, наиболее адекватно может быть представлена лишь с помощью вероятностных описаний.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Она хорошо подходит для "крупных" экономических образований, где каждый агент не обязан учитывать действия других агентов как индивидуумов. А в "небольших" экономических образованиях ситуация в большей степени напоминает **игру**, поскольку действия одного игрока могут существенно повлиять на полезность действий другого (или положительно, или отрицательно).



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- **Теория игр**, разработанная фон Нейманом и Моргенштерном, позволяет сделать неожиданный вывод, что в некоторых играх рациональный агент должен действовать случайным образом или, по крайней мере, таким образом, который кажется случайным для соперников.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Экономисты чаще всего не стремятся найти ответ на третий вопрос, приведенный выше, т.е. не пытаются выработать способ принятия рациональных решений в тех условиях, когда вознаграждение в ответ на определенные действия не предоставляется немедленно, а становится результатом нескольких действий, выполненных в определенной последовательности.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Изучению этой темы посвящена область исследования операций, которая возникла во время Второй мировой войны в результате усилий, которые были предприняты в Британии по оптимизации работы радарных установок, а в дальнейшем нашла применение и в гражданском обществе при выработке сложных управленческих решений. В работе Ричарда Беллмана формализован определенный класс последовательных задач выработки решений, называемых **марковскими процессами принятия решений** (Markov Decision Process — MDP).



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Неврология (период с 1861 года по настоящее время)
 - Как происходит обработка информации в мозгу?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- **Неврология** — это наука, посвященная изучению нервной системы, в частности мозга. Одной из величайших загадок, не поддающихся научному описанию, остается определение того, как именно мозг обеспечивает мышление.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Исследования афазии (нарушения речи) у пациентов с повреждением мозга, проведенные Полем Брока (1824—1880) в 1861 году, снова пробудили интерес к этой научной области и послужили для многих представителей медицины доказательством существования в мозгу локализованных участков, ответственных за конкретные познавательные функции. Например, этот ученый показал, что функции формирования речи сосредоточены в той части левого полушария, которая теперь называется **зоной Брокера**.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- К тому времени уже было известно, что мозг состоит из нервных клеток, или **нейронов**, но только в 1873 году Камилло Гольджи (1843-1926) сумел разработать надежный метод, позволяющий наблюдать за отдельными нейронами в мозгу. Этот метод использовал Сантьяго Рамон и Кахал (1852-1934) в своих пионерских исследованиях нейронных структур мозга.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Тем не менее работы в области неврологии позволяют сделать поистине удивительное заключение о том, что совместная работа простых клеток может приводить к появлению мышления, действия и сознания или, другими словами, что мозг порождает разум. После этого открытия единственной реально существующей альтернативной теорией остается мистицизм, приверженцы которого провозглашают, что существует некое мистическое пространство, находящееся за пределами физического опыта, в котором функционирует разум.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Вычислительная техника (период с 1940 года по настоящее время)
 - Каким образом можно создать эффективный компьютер?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Для успешного создания искусственного интеллекта требуется, во-первых, интеллект и, во-вторых, артефакт. Наиболее предпочтительным артефактом в этой области всегда был компьютер. Современный цифровой электронный компьютер был изобретен независимо и почти одновременно учеными трех стран, участвующих во Второй мировой войне.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Первым операционным компьютером было электромеханическое устройство Heath Robinson, созданное в 1940 году группой Алана Тьюринга для единственной цели — расшифровки сообщений, передаваемых немецкими войсками. В 1943 году та же группа разработала мощный компьютер общего назначения, получивший название Colossus, в конструкции которого применялись электронные лампы.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Первым операционным программируемым компьютером был компьютер Z-3, изобретенный Конрадом Цузе в Германии в 1941 году. Цузе изобрел также числа с плавающей точкой и создал первый язык программирования высокого уровня Plankalkül.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Первый электронный компьютер, ABC, был собран Джоном Атанасовым и его студентом Клиффордом Берри в период с 1940 по 1942 год в университете штата Айова. Исследования Атанасова почти не получили поддержки или признания; как оказалось, наибольшее влияние на развитие современных компьютеров оказал компьютер ENIAC, разработанный в составе секретного военного проекта в Пенсильванском университете группой специалистов, в состав которой входили Джон Мочли и Джон Экерт.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Искусственный интеллект во многом обязан также тем направлениям компьютерных наук, которые касаются программного обеспечения, поскольку именно в рамках этих направлений создаются операционные системы, языки программирования и инструментальные средства, необходимые для написания современных программ (и статей о них).



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Эта область является одной из тех, где искусственный интеллект в полной мере возмещает свои долг: работы в области искусственного интеллекта стали источником многих идей, которые затем были воплощены в основных направлениях развития компьютерных наук, включая разделение времени, интерактивные интерпретаторы, персональные компьютеры с оконными интерфейсами и поддержкой позиционирующих устройств, применение среды ускоренной обработки, создание типов данных в виде связанных списков, автоматическое управление памятью и ключевые концепции символического, функционального, динамического и объектно-ориентированного программирования.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Теория управления и кибернетика (период с 1948 года по настоящее время)
 - Каким образом артефакты могут работать под своим собственным управлением?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Первое самоуправляемое устройство было построено Ктесибием из Александрии (примерно в 250 году до н.э.); это были водяные часы с регулятором, который поддерживал поток воды, текущий через эти часы с постоянным, предсказуемым расходом. Это изобретение изменило представление о том, на что могут быть способны устройства, созданные человеком. До его появления считалось, что только живые существа способны модифицировать свое поведение в ответ на изменения в окружающей среде.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- К другим примерам саморегулирующихся систем управления с обратной связью относятся регулятор паровой машины, созданный Джеймсом Уаттом (1736—1819), и термостат, изобретенный Корнелисом Дреббелем (1572—1633), который изобрел также подводную лодку. Математическая теория устойчивых систем с обратной связью была разработана в XIX веке.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Центральной фигурой в создании науки, которая теперь именуется теорией управления, был Норберт Винер (1894-1964). Винер был блестящим математиком, который совместно работал со многими учеными, включая Бертрана Рассела, под влиянием которых у него появился интерес к изучению биологических и механических систем управления и их связи с познанием.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- В конце 1940-х годов Винер совместно с Уорреном Мак-Каллоком, Уолтером Питтсом и Джоном фон Нейманом организовал ряд конференций, на которых рассматривались новые математические и вычислительные модели познания; эти конференции оказали большое влияние на взгляды многих других исследователей в области наук о поведении. Книга Винера *Cybernetics*, в которой было впервые дано определение кибернетики как науки, стала бестселлером и убедила широкие круги общественности в том, что мечта о создании машин, обладающих искусственным интеллектом, воплотилась в реальности.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Предметом современной теории управления, особенно той ее ветви, которая получила название стохастического оптимального управления, является проектирование систем, которые максимизируют целевую функцию во времени.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Дифференциальное и интегральное исчисление, а также алгебра матриц, являющиеся инструментами теории управления, в наибольшей степени подходят для анализа систем, которые могут быть описаны с помощью фиксированных множеств непрерывно изменяющихся переменных; более того, точный анализ, как правило, осуществим только для линейных систем.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Лингвистика (период с 1957 года по настоящее время)
 - Каким образом язык связан с мышлением?



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- В 1957 году Б.Ф. Скиннер опубликовал свою книгу *Verbal Behavior*. Это был всеобъемлющий, подробный отчет о результатах исследований по изучению языка, проведенных в рамках бихевиористского подхода, который был написан наиболее выдающимся экспертом в этой области.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Но весьма любопытно то, что рецензия к этой книге стала не менее известной, чем сама книга, и послужила причиной почти полного исчезновения интереса к бихевиоризму. Автором этой рецензии был Ноам Хомский, который сам только что опубликовал книгу с изложением своей собственной теории, *Syntactic Structures*.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Хомский показал, что бихевиористская теория не позволяет понять истоки творческой деятельности, осуществляемой с помощью языка, — она не объясняет, почему ребенок способен понимать и складывать предложения, которые он до сих пор никогда еще не слышал. Теория Хомского, основанная на синтаксических моделях, восходящих к работам древнеиндийского лингвиста Панини (примерно 350 год до н.э.), позволяла объяснить этот феномен, и, в отличие от предыдущих теорий, оказалась достаточно формальной для того, чтобы ее можно было реализовать в виде программ.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Таким образом, современная лингвистика и искусственный интеллект, которые "родились" примерно в одно и то же время и продолжают вместе расти, пересекаются в гибридной области, называемой **вычислительной лингвистикой** или **обработкой естественного языка**. Вскоре было обнаружено, что проблема понимания языка является гораздо более сложной, чем это казалось в 1957 году.



ПРЕДЫСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Для понимания языка требуется понимание предмета и контекста речи, а не только анализ структуры предложений. Это утверждение теперь кажется очевидным, но сам данный факт не был широко признан до 1960-х годов. Основная часть ранних работ в области **представления знаний** (науки о том, как преобразовать знания в такую форму, с которой может оперировать компьютер) была привязана к языку и подпитывалась исследованиями в области лингвистики, которые, в свою очередь, основывались на результатах философского анализа языка, проводившегося в течение многих десятков лет.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Появление предпосылок искусственного интеллекта (период с 1943 года по 1955 год)
 - Первая работа, которая теперь по общему признанию считается относящейся к искусственному интеллекту, была выполнена Уорреном Мак-Каллоком и Уолтером Питтсом. Они черпали вдохновение из трех источников: знание основ физиологии и назначения нейронов в мозгу; формальный анализ логики высказываний, взятый из работ Рассела и Уайтхеда; а также теория вычислений Тьюринга.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Появление предпосылок искусственного интеллекта (период с 1943 года по 1955 год)
 - Мак-Каллок и Питтс предложили модель, состоящую из искусственных нейронов, в которой каждый нейрон характеризовался как находящийся во "включенном" или "выключенном" состоянии, а переход во "включенное" состояние происходил в ответ на стимуляцию достаточного количества соседних нейронов. Состояние нейрона рассматривалось как "фактически эквивалентное высказыванию, в котором предлагается адекватное количество стимулов".



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Появление предпосылок искусственного интеллекта (период с 1943 года по 1955 год)
 - Два аспиранта факультета математики Принстонского университета, Марвин Минский и Дин Эдмондс, в 1951 году создали первый сетевой компьютер на основе нейронной сети. В этом компьютере, получившем название Snare, использовалось 3000 электронных ламп и дополнительный механизм автопилота с бомбардировщика В-24 для моделирования сети из 40 нейронов.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Появление предпосылок искусственного интеллекта (период с 1943 года по 1955 год)
 - Аттестационная комиссия, перед которой Минский защищал диссертацию доктора философии, выразила сомнение в том, может ли работа такого рода рассматриваться как математическая, на что фон Нейман, по словам современников, возразил: "Сегодня — нет, но когда-то будет". В дальнейшем Минский доказал очень важные теоремы, показывающие, с какими ограничениями должны столкнуться исследования в области нейронных сетей.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Появление предпосылок искусственного интеллекта (период с 1943 года по 1955 год)
 - Именно Алан Тьюринг впервые выразил полное представление об искусственном интеллекте в своей статье *Computing Machinery and Intelligence*, которая была опубликована в 1950 году. В этой статье он описал тест Тьюринга, принципы машинного обучения, генетические алгоритмы и обучение с подкреплением.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рождение искусственного интеллекта (1956 год)

- В Принстонском университете проводил свои исследования еще один авторитетный специалист в области искусственного интеллекта, Джон Маккарти. После получения ученой степени Маккарти перешел в Дартмутский колледж, который и стал официальным местом рождения этой области знаний. Маккарти уговорил Марвина Минского, Клода Шеннона и Натаниэля Рочестера, чтобы они помогли ему собрать всех американских исследователей, проявляющих интерес к теории автоматов, нейронным сетям и исследованиям интеллекта. Они организовывали двухмесячный семинар в Дартмуте летом 1956 года.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рождение искусственного интеллекта (1956 год)

- Два исследователя из технологического института Карнеги, Аллен Ньюэлл и Герберт Саймон, буквально монополизировали все это представление. Тогда как другие могли лишь поделиться своими идеями и в некоторых случаях показать программы для таких конкретных приложений, как шашки, Ньюэлл и Саймон уже мог ли продемонстрировать программу, проводящую рассуждения, Logic Theorist (LT), или логик-теоретик, в отношении которой Саймон заявил: "Мы изобрели компьютерную программу, способную мыслить в нечисловых терминах и поэтому решили почтенную проблему о соотношении духа и тела".



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рождение искусственного интеллекта (1956 год)

- Вскоре после этого семинара программа показала свою способность доказать большинство теорем из главы 2 труда Рассела и Уайтхеда *Principia Mathematica*. Сообщали, что Рассел пришел в восторг, когда Саймон показал ему, что эта программа предложила доказательство одной теоремы, более короткое, чем в *Principia*. Редакторы *Journal of Symbolic Logic* оказались менее подверженными эмоциям; они отказались принимать статью, в качестве соавторов которой были указаны Ньюэлл, Саймон и программа Logic Theorist.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Ранний энтузиазм, большие ожидания (период с 1952 года по 1969 год)
- Системы, основанные на знаниях: могут ли они стать ключом к успеху (период с 1969 года по 1979 год)
- Превращение искусственного интеллекта в индустрию (период с 1980 года по настоящее время)



ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- Возвращение к нейронным сетям (период с 1986 года по настоящее время)
- Превращение искусственного интеллекта в науку (период с 1987 года по настоящее время)
- Появление подхода, основанного на использовании интеллектуальных агентов (период с 1995 года по настоящее время)



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Автономное планирование и составление расписаний.** Работающая на удалении в сотни миллионов километров от Земли программа Remote Agent агентства NASA стала первой бортовой автономной программой планирования, предназначенной для управления процессами составления расписания операций для космического аппарата. Программа Remote Agent вырабатывала планы на основе целей высокого уровня, задаваемых с Земли, а также контролировала работу космического аппарата в ходе выполнения планов: обнаруживала, диагностировала и устраняла неполадки по мере их возникновения.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Ведение игр.** Программа Deep Blue компании IBM стала первой компьютерной программой, которой удалось победить чемпиона мира в шахматном матче, после того как она обыграла Гарри Каспарова со счетом 3,5:2,5 в показательном матче.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Автономное управление.** Система компьютерного зрения Alvinn была обучена вождению автомобиля, придерживаясь определенной полосы движения. В университете CMU эта система была размещена в микроавтобусе, управляемом компьютером NavLab, и использовалось для проезда по Соединенным Штатам; на протяжении 2850 миль (4586,6 км) система обеспечивала рулевое управление автомобилем в течение 98% времени. Человек брал на себя управление лишь в течение остальных 2%. Компьютер NavLab был оборудован видеокамерами, которые передавали изображения дороги в систему Alvinn, а затем эта система вычисляла наилучшее направление движения, основываясь на опыте, полученном в предыдущих учебных пробегах.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Диагностика.** Медицинские диагностические программы, основанные на вероятностном анализе, сумели достичь уровня опытного врача в нескольких областях медицины. Хекерман описал случай, когда ведущий специалист в области патологии лимфатических узлов не согласился с диагнозом программы в особо сложном случае. Создатели программы предложили, чтобы этот врач запросил у компьютера пояснения по поводу данного диагноза. Машина указала основные факторы, повлиявшие на ее решение, и объяснила нюансы взаимодействия нескольких симптомов, наблюдавшихся в данном случае. В конечном итоге эксперт согласился с решением программы.





СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Планирование снабжения.** Во время кризиса в Персидском заливе в 1991 году в армии США была развернута система DART (Dynamic Analysis and Replanning) [311] для обеспечения автоматизированного планирования поставок и составления графиков перевозок. Работа этой системы охватывала одновременно до 50 000 автомобилей, единиц груза и людей; в ней приходилось учитывать пункты отправления и назначения, маршруты, а также устранять конфликты между всеми параметрами.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- Методы планирования на основе искусственного интеллекта позволяли вырабатывать в течение считанных часов такие планы, для составления которых старыми методами потребовались бы недели. Представители агентства DARPA (Defense Advanced Research Project Agency — Управление перспективных исследовательских программ) заявили, что одно лишь это приложение стоицей окупило тридцатилетние инвестиции в искусственный интеллект, сделанные этим агентством.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Робототехника.** Многие хирурги теперь используют роботов-ассистентов в микрохирургии. Например, HipNav [398] — это система, в которой используются методы компьютерного зрения для создания трехмерной модели анатомии внутренних органов пациента, а затем применяется робототехническое управление для руководства процессом вставки протеза, заменяющего тазобедренный сустав.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- **Понимание естественного языка и решение задач.** Программа Proverb — это компьютерная программа, которая решает кроссворды намного лучше, чем большинство людей; в ней используются ограничения, определяющие состав возможных заполнителей слов, большая база с данными о встречах шихся ранее кроссвордах, а также множество различных источников информации, включая словари и оперативные базы данных, таких как списки кинофильмов и актеров, которые играли в этих фильмах.



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК

- Например, эта программа способна определить, что одним из решений, подходящих для ключа "Nice Story", является слово "ETAGE", поскольку ее база данных содержит пару ключ—решение "Story in France/ETAGE", а сама программа распознает, что шаблоны "Nice x" и "X in France" часто имеют одно и то же решение. Программа не знает, что Nice (Ницца) — город во Франции, но способна разгадать эту головоломку.



ИТОГ

- Выше приведено лишь несколько примеров систем искусственного интеллекта, которые существуют в настоящее время. Искусственный интеллект — это не магия и не научная фантастика, а сплав методов науки, техники и математики.