

**ИНСТИТУТ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ  
ВШ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**курс: Введение в профессиональную деятельность**

**ТЕМА 4. ТЕХНОЛОГИИ ИИ - МЕТОДЫ И СРЕДСТВА  
РЕШЕНИЯ «ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ»  
ЛЕКЦИЯ 13: «КВАДРАТУРА» ЦИФРОВОГО КРУГА**

**2.05.2024**



## СОДЕРЖАНИЕ

- Комментарии к выполняемым заданиям
- О чем говорили и что обсуждали на прошлой лекции № 12
- Введение к лекции № 13: проблема «квадратуры»
- Задача ИИ и возможности современных «ИИ технологий»
- Заключение



## КОММЕНТАРИИ К ВЫПОЛНЯЕМЫМ ЗАДАНИЯМ

### Введение в профессиональную деятельность

2.05.2024

- 166 ЗАПИСАНО СТУДЕНТОВ
- 125 В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ
- 49 ПРИСТУПИЛИ

презентация : «Мое» понимание будущей профессиональной деятельности

срок 5.05.2024



## Что обсуждали на лекции 12

- Теорию «возможных миров» С. Крипке как конвенциональную (соответствующую принятым представлениям) область чувственного опыта, которая отражает **смыслы** наименований как функции «успешного» применения их к множеству реальных вещей. Основа теории – **модальная логика**, использующая термины «возможно», «необходимо», «невозможно»
- Идея «возможных миров» выражена в **каузальной (причинной) теории референции, а именно**: Значение выражения не сводится только к его лексике и семантике, а зависит также от **контекста** использования...
- «Смысл» текста – суть содержание текста (его «трансцендентное» значение), которое «приблизненно» может быть выражено с помощью различных «исчислимых» форм представлений, включая текстовое определение, описание признаков, вектор параметров,,,,  
например, смысл понятия «большой» может по отношению к животному означать «крупный» , а в контексте обсуждения комнаты – «просторный».



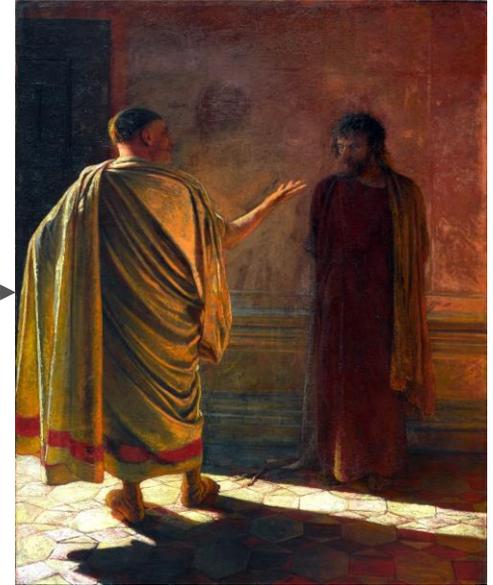
## К КАКИМ ВЫВОДАМ МЫ ПРИШЛИ

Существует различие между понятиями «**наименование**», «**значение**» и «**смысл**», также как существует различие между аналитическими (формальными) и синтетическими (экспериментальными) истинами.

На вопрос : «**что есть истина**», Пилата ответа не получил....

- Значение слов определяется не только их лексическим значением, но и контекстом, смысл выражения есть его содержание, которое выражено в различных формах.
- вопрос об истине получают свое **значение** и объяснение на основе **понятий**, которые относятся к опыту.

итак, «**лингвистический поворот**» в развитии компьютерных наук позволяет объединить поиск аналитических и синтетических моделей истины ... используя для этого формализм модальных логик, теорию каузальных референций и наделение «квалиа» концептуально-контекстным описанием



картины  
Николая Ге



## В ЛЕКЦИИ 12 МЫ ТАКЖЕ УКАЗАЛИ НА ПОНЯТИЕ ИСТИНЫ В СМЫСЛЕ «АФИНСКОЙ ШКОЛЫ»

истина ...состоит в **объяснении возможной** (вероятностную) причинной связи между обозначаемым (существующим физически) и обозначающим (существующим семантическим).

Истина заключена в ответе на вопрос:  
почему «X является причиной Y?»»



фреска Рафаэля Санти "Афинская школа"

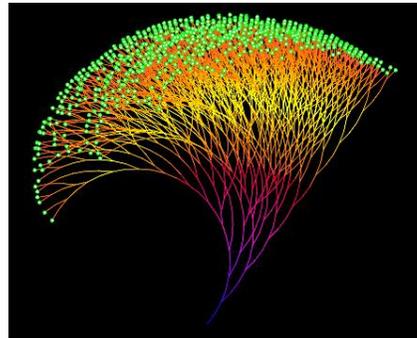


## ВВЕДЕНИЕ К ЛЕКЦИИ 13: ЧИСЛОВОЙ ХАОС - НОСИТЕЛЬ «ГЛУБИННОГО ПОРЯДКА» ( ГИПОТЕЗА КОЛЛАТЦА, ТЕОРЕМА РАМСЕЯ, ПОРЯДОК ШАРКОВСКОГО....)

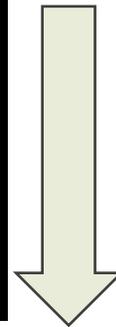
Начнем с гипотезы Коллатца (известная также как сиракузская проблема) —независимо от **начального целого числа можно построить** последовательность, которая путём **многократного применения** простых действий, **всегда сходится к единице**.

«ВХОДНОЕ» множество положительных чисел

3 — нечётное,  $3 \times 3 + 1 = 10$ ,  
10 — чётное,  $10 : 2 = 5$ ,  
5 — нечетное,  $5 \times 3 + 1 = 16$   
16 — чётное,  $16 : 2 = 8$   
8 — чётное,  $8 : 2 = 4$   
4 — чётное,  $4 : 2 = 2$   
2 — чётное,  $2 : 2 = 1$   
1 — нечётное.



«1»



**Дано:** любое целое положительное число

**Алгоритм действий:**

1. Если число чётное, разделите его на 2. Иначе умножьте его на 3 и прибавьте 1.
2. Повторите шаг 1 с полученным числом

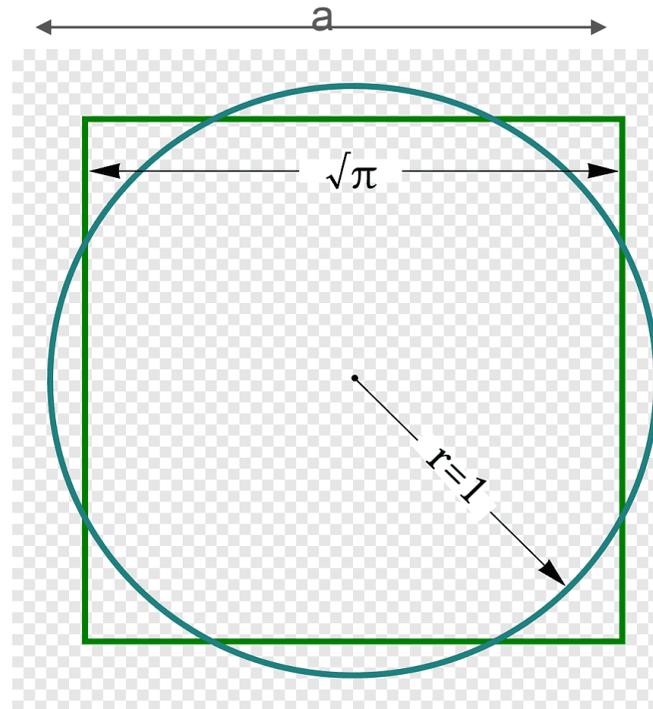
Для любого заданного целого положительного числа рано или поздно следуя алгоритмы Коллатца, получим «цикл» 4 – 2 - 1.

**Значит ли это,** что в основе любых числовых множеств лежит некий **«глубинный порядок»** ? Можно ли это порядок найти ? ,



# КАК «ЧИСЛОМ» ЗАПИСАТЬ «ГЛУБИННЫЙ СМЫСЛ» ?!

«античная» формулировка проблемы «квадратуры круга»: с помощью циркуля и линейки построить квадрат с площадью такой же, как и площадь круга



«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ» превосходство квадрата над кругом» в отношении меры «площадь»

площадь квадрата круга равна  $S_1=a^2$ , а площадь круга  $S_2=\pi \cdot r^2$ , где  $\pi = 3,14159265358\dots$  - **трансцендентное число**, которое имеет **бесконечное число знаков после запятой** и не является **корнем** ни **какого многочлена с рациональными коэффициентами**



Дзенский каллиграфический символ Энсо

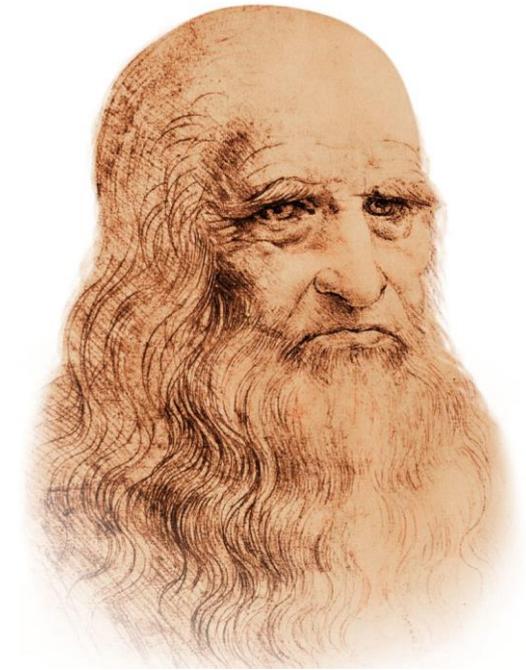




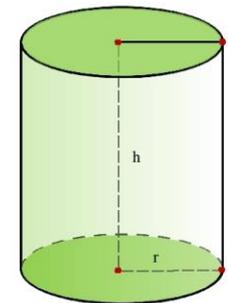
# ПОНИМАНИЕ СМЫСЛА - ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

механический способ «вычисления»  
решения задачи (Леонардо да Винчи).

- Изготовим круговой цилиндр с радиусом основания  $R$  и высотой  $R/2$ , покрасим чернилами боковую поверхность цилиндра и покатаем его по плоскости.
- За один полный оборот (цикл или так «вычисления») цилиндр оставит на плоскости прямоугольный след своей площади....
- Формула:  $R/2 \times 2 \cdot \pi \cdot R = \pi \cdot R^2$  в квадрате. Вывод: площадь прямоугольного отпечатка на плоскости равна площади круга.
- Если  $a=1$ , то  $S_1=a^2=1$ , если  $r=1$ , то  $S_2=\pi$ .  $S_1=S_2$ , если  $a=(\pi)^{**1/2}$
- «понимание» состоит в том как формула, порождающая «проблему»



Автопортрет  
Леонардо да Винчи  
(15.04 1452- 2.05.1519 года)



$AB = h$  — высота цилиндра  
 $r$  — радиус цилиндра



## ЗАДАЧИ, КОТОРУЮ ДОЛЖЕН УМЕТЬ РЕШАТЬ ИИ

Если имеется инструмент, например, циркуль, то с его помощью можно построить (вычислить или решить прямую задачу) множество различных объектов. Например это может быть конечное (счетное) множество кругов различного радиуса,

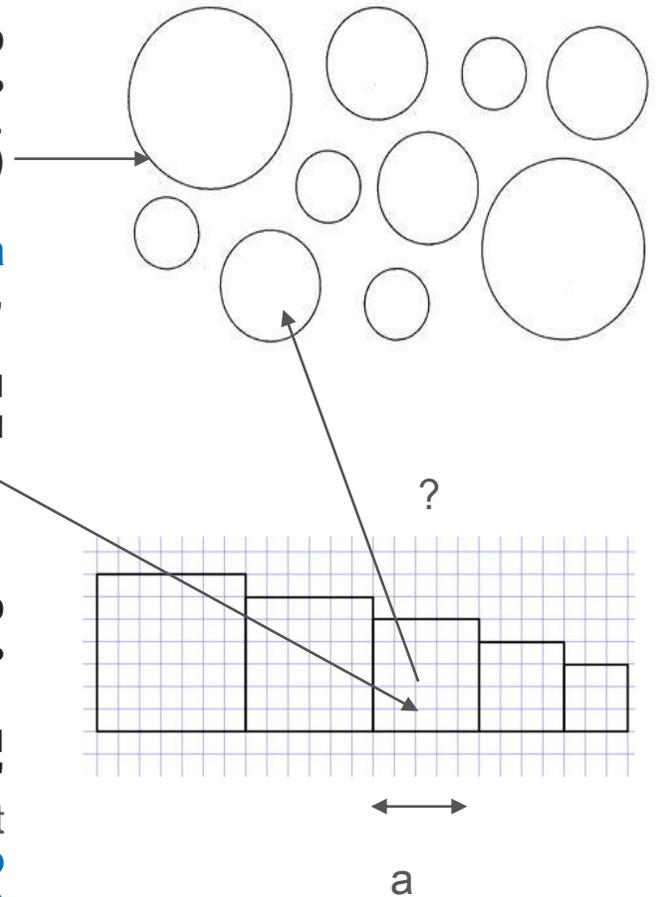
**Вопрос 1:** Среди конечного (счетного) множества объектов найти круг, который будет иметь площадь, равную площади квадрата со стороной «а»....

**Вопрос 2:** Существует ли алгоритм, позволяющий построить «круг», площадь которого равна площади квадрата со стороной равной «а»?

**Ответ:** нет, радиус такого круга алгоритмически не вычислим

- Выражение "возведение в квадрат круга" часто используется как метафора попытки сделать невозможное....

**Вопрос 3:** не является ли задача ИИ вычисления «смысла» потока входных данных попыткой "возведение в квадрат круга". Если ответ «да/нет» ( it from bit), то можно ли определить формально вычисляемое на современном компьютере понятие «смысла» ?





## УТОЧНЕНИЕ ЗАДАЧИ И «ВОПРОСА 3» В ДУХЕ «ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПОВОРОТА» КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

**Уточнение задач ИИ:** Дан текст (шифrogramма), который имеет смысл, сопоставить данному «тексту» другой текст, объясняющий смысл этой шифrogramмы....

**Уточнение 1:** Имеет ли такая задача решение, если объяснение содержит конечное число слов (понятий) ?

**Уточнение 2:** Какими признаками должен быть описан субъект, которому будет понятно составленное (вычисленное) объяснение ?

К вопросу об «вычислительной» разрешимости задачи ИИ (теоремы Геделя)

- В формальной системе построенной на счетном наборе аксиом (например арифметике чисел) сама система не может доказать свою полноту (существование конкретного ответа) ...поэтому для разрешимости задачи ИИ создаваемая вычислительная система должна быть «открытой» - включать в себя наблюдателя или оракула.
- Если допустить, что число слов в объяснении может быть «бесконечность» ... то вычислительная **сложность такого объяснения** экспоненциально возрастает....



## КОНТЕКСТ ЗАДАЧИ VS «ГЛУБОКИЙ» СМЫСЛ ОБЪЯСНЕНИЯ

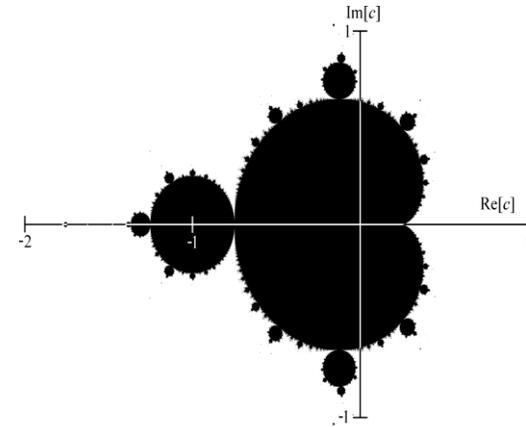
### Античные философы и «задача» ИИ:

- **Анаксагор**: материя существовала всегда, но форма, которую принимает материя - это **суть мысль** «мирового разума».
- **Парменид**: мышление тождественно бытию, а мысли «мирового ума» **это и есть материя**.
- **Гераклит**: В одну реку дважды не войдешь, и вода уже не та, и человек уже не тот. (модальная логика истинности)

**Объяснение происходящего:** в основе движения материи лежит, то что противоположности постоянно стремятся перейти друг в друга, из-за чего возникает поток изменений вещей и явлений

### Античная идея неизменности «глубинного порядка»:

- **«логос» (закон движения)** остается вечным и неизменным.
- из тех же вещей, из которых рождаются все вещи, в эти же самые вещи **они разрушаются** согласно предназначению



«глубинный смысл» фрактала Мандельброта – простая рекурсивная формула:

$$z_{k+1} = z_k^2 + c, \text{ где}$$

$z$  - **комплексное число**

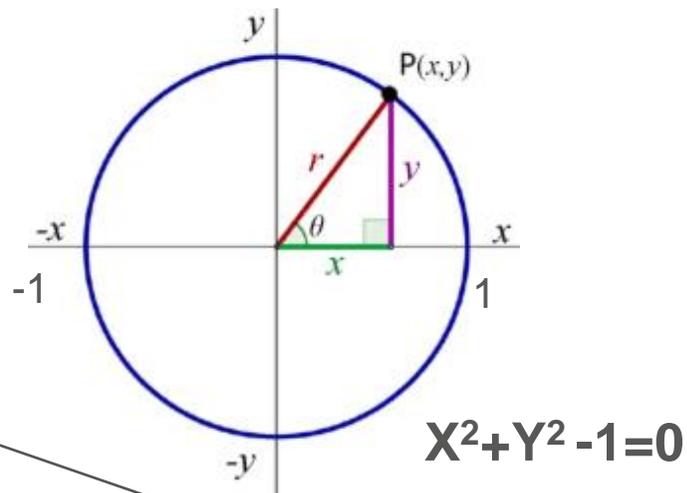
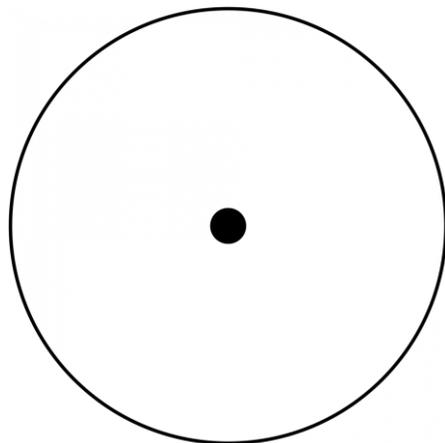


## СИМВОЛ ( $\infty$ ) – «СЕРЕБРЯНАЯ ПУЛЯ» ФОРМАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ?!

- Античные греки — приверженцы концепций, имеющих строгий логический смысл, **принципиально избегали** использования для объяснения своих взглядов **понятия «бесконечность»**.
- Однако уже в средние века **строгость античных концепций отбросили** ради получения новых результатов. В результате были разработаны формальные методы математического анализа - «серебряная пуля» современной физической науки, которая свободно оперирует с «символом» ( $\infty$ ), обозначающим «бесконечность».
- Хотя символ ( $\infty$ ) в современной науке широко используется в рамках обоснования доказательств, но при этом не входит в аксиоматику компьютерных наук. Не ясно также, как можно конструктивно использовать числа, которые невообразимо огромны, но меньше бесконечности (числа Мерсенна, Дедекина, Коллатца и пр.).
- Введение «конструктивного» (а не только формального) смысла для **понятия ( $\infty$ ) открывает возможности решения различных «вычислительных» проблем от «комбинаторного взрыва» до проблемы формирования обучающей выборки в задачах ИИ, решение которых «доказательно объяснимо с помощью конечного числа мыслимых понятий (суть проблемы **«квадратура цифрового круга» в задачах ИИ**)**



## СМЫСЛ ЦИФРОВОГО КОДА – ПОЛНОТА И НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТЬ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ИСЧИСЛЕНИЯ (МОНАДА ПИФАГОРА, ФОРМУЛА ЭЙЛЕРА....)



Пифагор и его последователи наделяли число "1" глубоким смыслом полноты и непротиворечивости. Число «1» связывали с понятием **монады, которую** изображали в **виде круга** с точкой в центре, придавая этому символу мистическое значение.

На примере **идеи монады** они **сформулировали «обратный закон», а именно** - идея существует, если нет причины, по которой она не может существовать.

Арифметический символ «-1» имеет и алгебраический код

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

В чем смысл формулы Эйлера ?

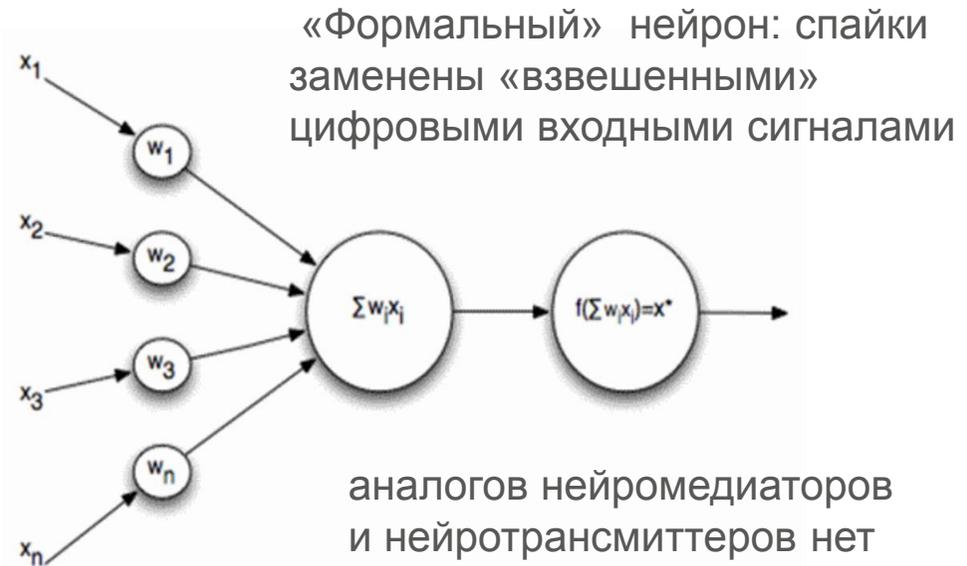
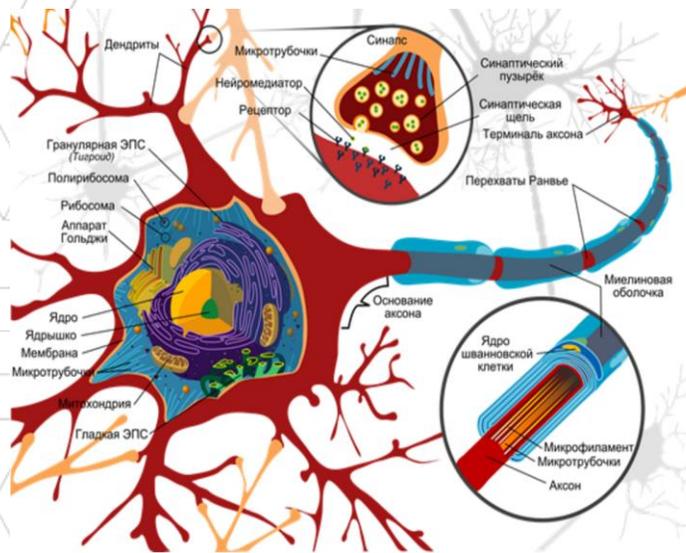
Ответ:  $-1+1=0$ , операция не противоречит арифметической аксиоматке



## ИДЕЯ МОНАДА В КОНТЕКСТЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МЫШЛЕНИЯ

Инструментом моделирования является сущность «искусственный нейрон»: тело нейрона – аналог «», из которой «произрастает» дендритное «дерево», образуя «когнитивный лес» мозга. У нейрона имеются также **синапсы - это входы** (место контакта с другими нейронами) и **аксоны - это выходы сигналов называемых** спайками – это «химические импульсы» - нейротрансмиттеры, которые образуются в теле нейрона и «диффундируют» по аксону. Нейротрансмиттеры «быстро» действуют на ионотропные рецепторы в пределах синапсиса одного нейрона, нейромодуляторы действуют на «медленные» метаботропные рецепторы «тысяч» нейронов

Реальный нейрон: участок мозга. Из 50 тысяч нейронов содержит 130 млн. синапсисов



Чем больше становится известно о строении мозга и работе реального нейрона, тем все менее он становится похож на формальный нейрон.

**Выводы:** Модель «формального нейрона» не отражает сложность его реального нейрона.

Судить о работе сети из формальных нейронов по наблюдению прохождения сигнала «цифрового спайка» – это аналогично тому, как делать выводы о работе компьютера по наблюдению за работой монитора



## ПОЯВЛЕНИЕ ЦИФРОВОГО ИНТЕЛЛЕКТА - ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ ВЫЗОВ ПАРАДИГМЕ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

- Биологические системы развивались миллионы лет, приспосабливаясь к различным условиям и демонстрируя **когнитивные способности**
- Изучение процессов функционирования **биологического интеллекта** позволило создать «простые» модели и алгоритмы работы систем искусственного интеллекта (ИИ).

Очевидно появление «лингвистически ориентированных» систем ИИ требует: 1) разработки новых алгоритмов, 2) создание высокопроизводительной цифровой аппаратуры для обработки огромных объемов данных. У цифровых систем ИИ есть ряд преимуществ : .

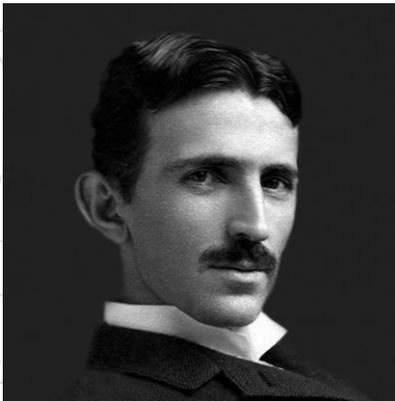
- цифровой интеллект можно **скопировать и сохранить в цифровом виде, что** открывает новые возможности для сохранения и передачи знаний
- цифровой интеллект может работать с огромными объемами данных, **обрабатывать информацию с невероятной скоростью** и постоянно совершенствоваться за счет повторяющихся **процессов обучения**

Но .... существующие цифровые вычислители пока не способны ...моделировать когнитивные процесс... **Пока** наилучшим «модельным прототипом» мозга является «мультипротокольная сеть «Интернет», дополненная механизмами «интеллектуального поиска» по запросам, а-ля GPT



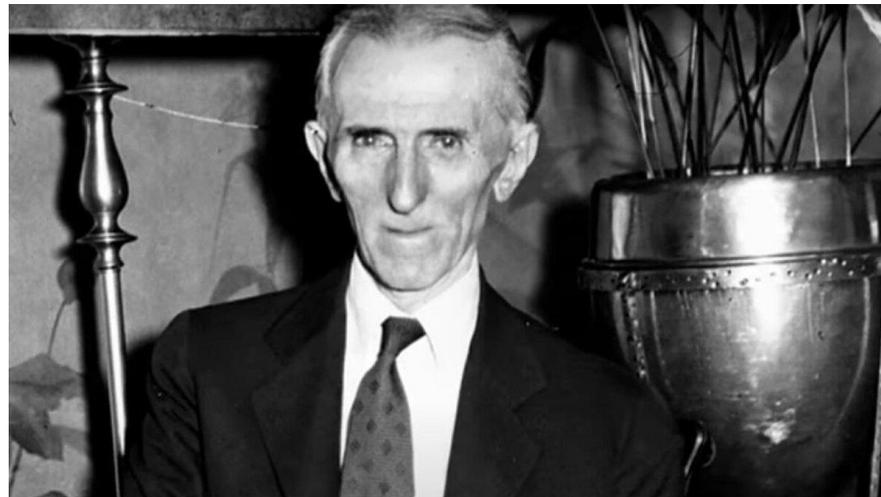
## СУТЬ «ВЫЗОВА»: ИНТУИЦИЯ VS ТОЧНЫЕ ЗНАНИЯ НА ОСНОВЕ «ФОРМАЛЬНОГО» ОПИСАНИЯ НАБЛЮДАЕМЫХ ЯВЛЕНИЙ

«Интуиция — это нечто такое,  
что опережает **точное**  
**знание**».



Когда беспроводная связь будет применяться повсеместно, вся земля превратится в огромный мозг. **Мы сможем видеть и слышать друг друга так же хорошо, как если бы мы стояли лицом к лицу**»

Н. Тесла





## ОСОБЕННОСТИ НЕБИОЛОГИЧЕСКОГО ИНТЕЛЛЕКТА



В человеческой популяции постоянно реализуется процесс обмена опытом и накопления знаний, но это происходит медленно и в ограниченных масштабах.

Небиологический «цифровой» интеллект может:

- **сохранять** и передавать **полученные** знания,
- **быстро адаптироваться** к новым ситуациям
- **масштабировать** свои возможности

Природа не снабдила биологические системы таким же уровнем **вычислительной мощности** и **масштабируемости**, которых может достичь «цифровой» небиологический интеллект





## ИНТУИЦИЮ И ЗНАНИЯ: ГРАНИЦА МЫСЛИМОГО И РЕАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО

В окружающем человека мире есть вещи/объекты/предметы, которым можно сопоставить **МЫСЛИМЫЕ ПОНЯТИЯ**.

Предметы, о которых люди ничего не **МЫСЛЯТ** или не знают находятся **за границей возможностей их** целенаправленного использования.

При этом вещи по другую сторону **границы мыслимого** по определению являются **НЕМЫСЛИМЫМИ**.

Упорядочить представления о мыслимой и немыслимой частях реальности можно **путем введения понятия информация**, считая ее

атрибутом **лишь той части реальности**, которая для людей является **МЫСЛИМОЙ**.



## МЫСЛИМОЕ О МАТЕРИАЛЬНОМ – СИМВОЛЬНЫЙ «КОД» ИЛИ ФИЗИЧЕСКИЙ «ПРОЦЕСС»

Понятие **«материальное»** можно определить через **«обратное»** как все, что отличается от информационного. Такое определение не конструктивно, но пока мы не можем точно определить, что является информационной сущностью объекта реальности.



**Код** физического процесса



Интеллектуальный  
субъект,  
«понимающий» **код**



Инструмент  
«расшифровки»  
**кода**

восприятие **музыки**



**физический**  
«**процесс**»



Инструмент записи  
**кода**

Музыка – это атрибут, который присущ определенным наборам звуков, имеющих «гармоническую организацию» и инструмент для «воплощения».

А каждому музыкальному произведению сопоставляется конкретный **дескриптор** – название, а также автор и ... код для извлечения звуков – нотный ряд

**Ответ на вопрос: что такое музыка – ноты или звуки ... зависит от контекста**



## ПРОБЛЕМА СУБЪЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИИ - ПАРАДОКС ДЕ ФИНЕТТИ

С точки зрения описания системы ее состояния могут образовывать статистически **независимые** во времени, но не **заменяемые** (перестанавливаемые местами) последовательности состояний-атрибутов. У таких последовательной м.б. **разные информационные сущности** (результаты восприятия):

**Формализация** проблемы: задана последовательность переменных, которые получены в результате наблюдений за системой, но которые можно «переставить» (**to be exchangeable**)

Дано:  $X_1, X_2, X_3, \dots$

Сформирования  $X_{i_1}, \dots, X_{i_n}$  and  $X_{j_1}, \dots, X_{j_n}$

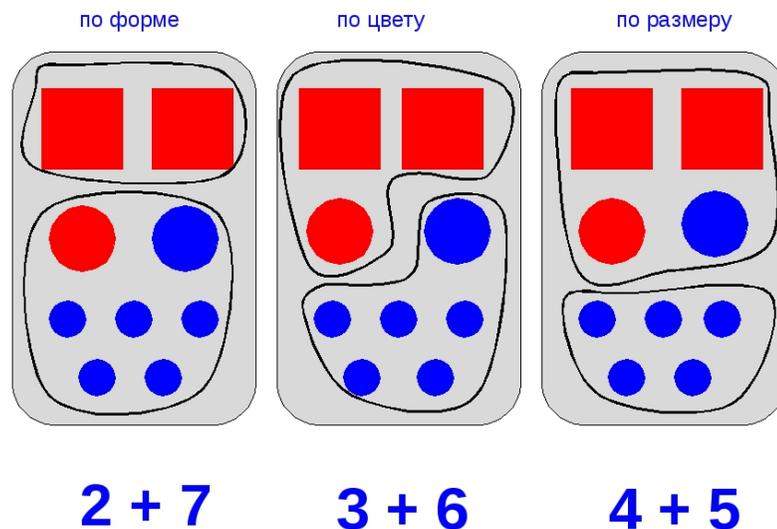
Вывод: Комбинации переставленных переменных выборки субъективна.

Парадокс де Финетти: переставляя «комбинируя» переменные можно получить различные модели восприятия системы (интерпретации).

**Проблема:** как построить «обучающую выборку» для системы искусственного интеллекта, чтобы ... результат был «объясним» ?



## Модель урны Дж. Поли – ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНЦЕПЦИИ «РАЗЛИЧИМОСТИ»



В модели урны Поли наблюдаемое значение с большей вероятностью будет наблюдаться снова, а акт измерения влияет на результаты будущих измерений.

**Вопрос:** влияет ли «возможное будущее» ранее сформированную концепцию различимости значений?

**Ответ:** если 1) все состояния системы можно запомнить, 2) у системы есть внешний наблюдатель, 3) у внешнего наблюдателя есть формальное исчисления используемых понятий

### Создание новых мыслимых абстракций

Функции в компьютерных программах похожи на кубики Лего. Когда мы строим программу, она состоит из отдельных «кубиков», причём каждый из них решает свою задачу.

В рамках компьютерной парадигмы программируемых конечных автоматов, часть «кубиков» это встроенные функции, готовые библиотеки и код, написанный ранее.

Для создания новых «кубиков» можно используем уже существующие. Комбинации «кубиков» субъективны и ... всегда содержать ошибки. Аналогичная ситуация с системами ИИ



# ОПИСАНИЕ «РЕАЛЬНОСТИ» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Результаты наблюдения

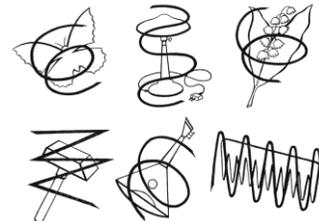
Многообразие из полученных данных

восприятие

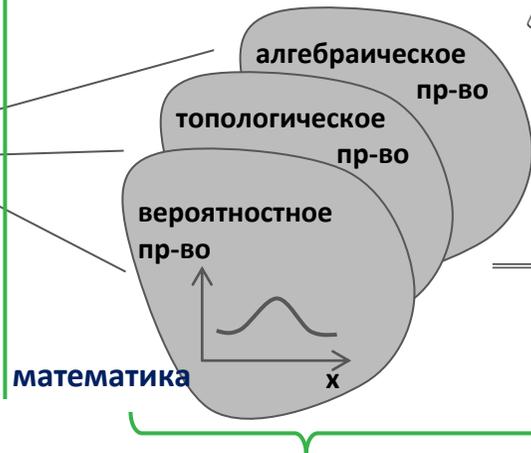
физическая реальность



Объекты-символы-понятия



Коды: 1,.2.71, кот, лес, дом...



дескрипторы - инварианты

алгоритмы

Модели реальности

Многообразия, в которых введены «расстояние» и метрика

← компьютерные науки: (объяснения физической реальности в терминах мыслимых и исчислимых понятий )



## СОЗНАНИЕ – ЭТО .... «ТРАНСЦЕНДЕНТНОЕ ЗНАЧЕНИЕ» МЫСЛИМЫХ АБСТРАКЦИЙ

- Сознание судя по всему существует как процесс «движение», но не ясно «чего». Это «нечто» движется в особом «расширенном» пространстве, в которое соединяет физическое пространство, время и материю..... информацию и смыслы
- Объяснить мыслительные процессы с помощью законов физики вряд ли возможно.
- Хотя для этого привлекаются разные идеи, например, выдвигается теория :
  - Организованной объективной редукции - Orchestrated objective reduction, которая обосновывает то, что сознание возникает на квантовом уровне **внутри нейронов**, а не как результат связей между нейронами.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### ИЛИ КАК РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ «КВАДРАТУРЫ ЦИФРОВОГО КРУГА»

#### Память; хранящая смыслы – is all you need

- трактовка любого явления «t» это то, что выразимо через ранее уже «знакомое», то есть то, что может быть определено с точностью до вектора из конечного числа признаков.
- Чтобы это «нечто знакомое» использовать в дальнейшем его надо запомнить и хранить в памяти, но не как набор данных, а как «топологическое» многообразие смыслов
- Память можно рассматривать как механизм, позволяющий использовать ранее полученные знания, чтобы их сравнивать с возможной трактовкой «t» воспринимаемого явления в контексте «x» с тем, что храниться в памяти и было ранее уже «знакомо».

Итак, обнаружив в потоке информации, что-то «знакомое» (совпадающее с какой либо трактовкой явления «t»), можно одновременно определить контекст явления «x», которому соответствует определенное понятие.

Для всех возможных контекстов память, хранящая трактовки, должна быть одна и та же. Машина вычисления смысла текста может быть аналогична той «цифро-аналоговой» конструкции, которую Л. Да Винчи применил для конструктивного решения «классической проблемы квадратуры круга»...