

ВШ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную деятельность

ТЕМА3. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ КОМПЬЮТЕРНЫХ
НАУК

ЛЕКЦИЯ 12 : ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ИИ

17 апреля
2025



ПОЛИТЕХ

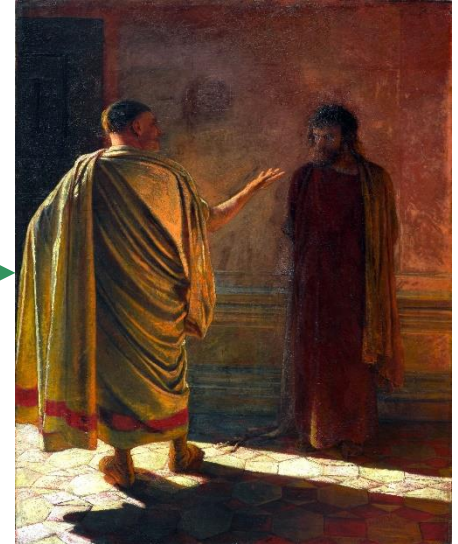
Существует различие между понятиями «**наименование**», «**значение**» и «**смысл**», также как существует различие между аналитическими (формальными) и синтетическими (экспериментальными) данными/истинами.

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

- Значение слов определяется не только их лексическим значением, но и **контекстом**, смысл выражения есть его содержание, которое выражено в различных формах.

Итак, «**лингвистический поворот**» в развитии компьютерных наук позволяет **объединить поиск аналитических и синтетических моделей истины** ... используя для этого

формализм модальных логик, теорию референций, а также наделение «квалиа» концептуально-контекстным описанием (содержанием) и супервентностью



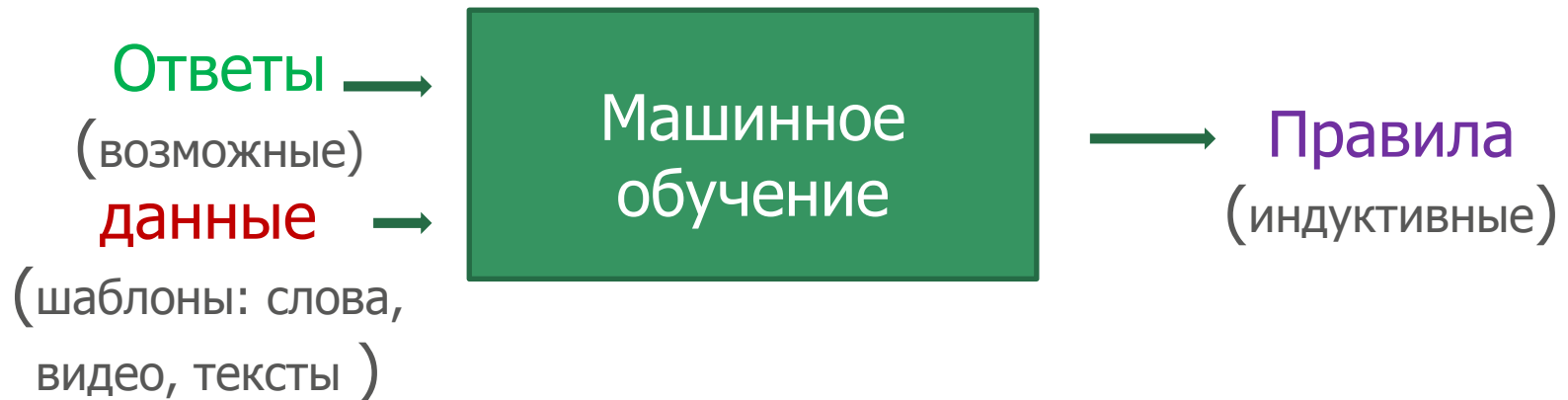
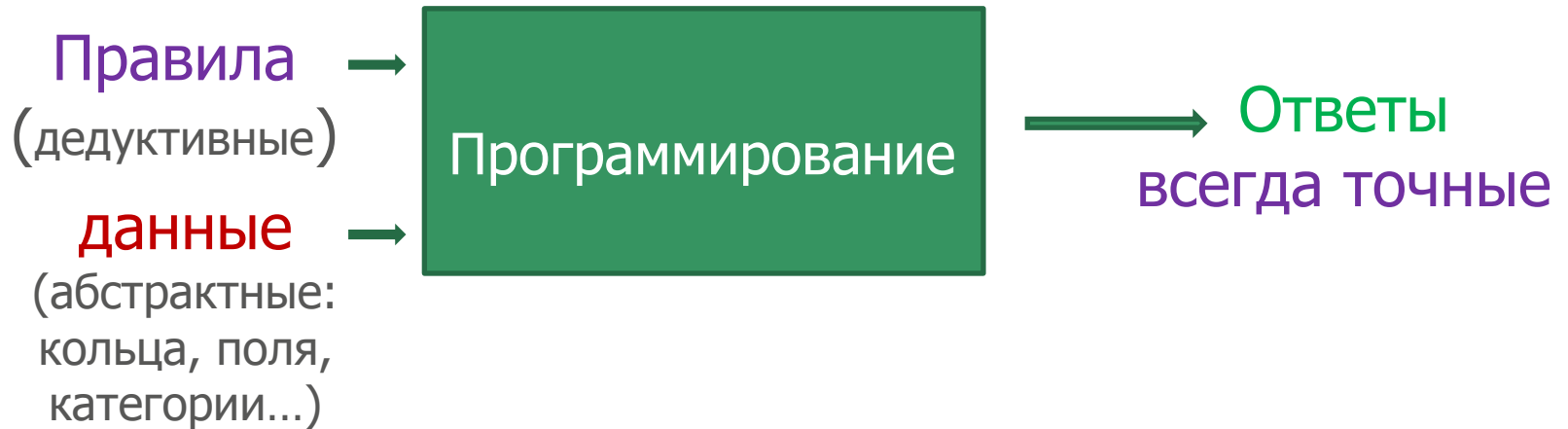
картины
Николая Ге

До тех пор, пока **сознание** не включат в **физику**,
она не будет полна
Н. Бор

Введение. Мыслимое о материальном - Обучение машин:

1. Можно ли **научить лингвистические модели (LLM) «понимать мир»:**
2. LLM трансформеры **completely unpredictable** так как ищут ответ в виртуальном пространстве token space
3. Перспективы: «слабые» композитные модели + концептуальное обучение

Заключение.



Ответ систем ИИ после обучения : близко, быстро, но не точно

Здесь «P» – полиномиальная сложность алгоритма $\{x^n\}$ $n=1,2,3..$
«NP» – недетерминированная полиномиальная сложность $\{x(\lambda)^n$
Итак: – является ли обучение в Природе «супербыстрым процессом случайного перебора возможных вариантов ?

- Суть «машинного обучения» - процесс «стохастической градиентной оптимизации» структуры ИНС : случайное изменение структуры и параметров «вычислителя», который с «полиномиальной скоростью» обрабатывает поступивший набор входных данных на их соответствие известному ответу.
- Из всего множества случайно сгенерированных программ (или структур ИНС) выбирается так программа, которая с «большей вероятностью» дает «правильный» ответ.
- Отношение «причина» / «следствие» современные ИНС не способны вычислять от слова «совсем»...

обучения в том числе и на основе LLM – напоминает «компьютерную алхимию».

Идея о том, что **надо просто масштабировать** объем обучающей выборки, заставляя LLM генерировать многие тысячи последовательностей токенов, чтобы затем выбирать лишь те, которые в данном контексте **«наиболее вероятно»** соответствуют логическому выводу — индуктивная чепуха.

Ян Лекун, автор идеи

Advance Autonomus Machine Intelligent

формальной системы, используемой для манипуляции абстрактными понятиями, с использованием которых и поступающих экспериментальных данных создаются «фактор-множества», как аргументы мультимодальных логических предикатов явлений физического мира, используемых А²МІ для **объяснения и** планирования последующих действий

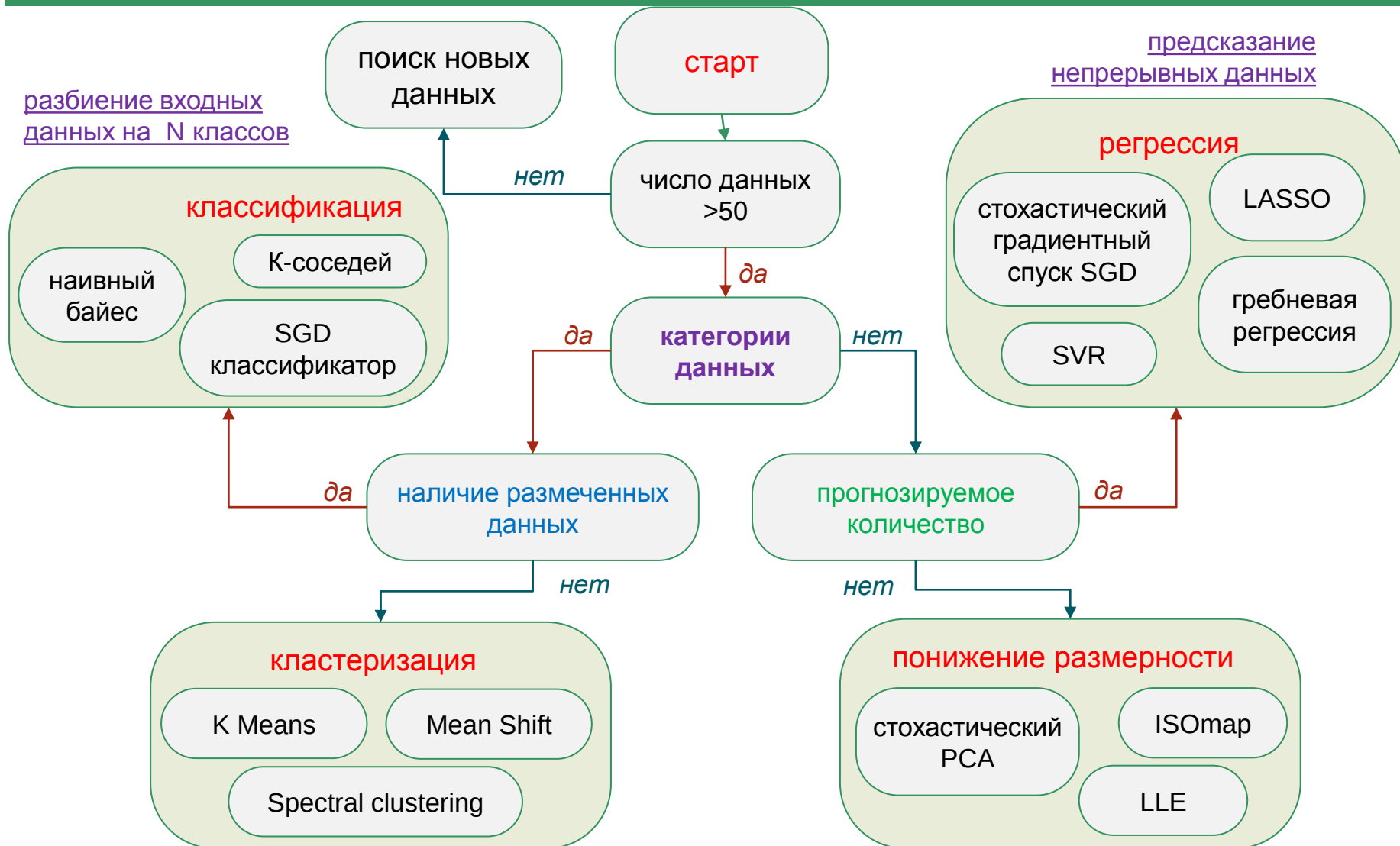
Обучения машин, в том числе и на основе LLM, напоминает «компьютерную алхимию.

Идея о том, что надо просто масштабировать объем обучающей выборки, заставляя LLM генерировать многие тысячи последовательностей токенов, чтобы затем выбирать лишь те, которые в данном контексте «наиболее вероятно» соответствуют логическому выводу — индуктивная чепуха.

Ян Лекун, автор идеи

Advance Autonomus Machine Intelligent

формальной системы, используемой для манипуляции абстрактными понятиями, с использованием которых и поступающих экспериментальных данных создаются «фактор-множества», как аргументы мультимодальных логических предикатов явлений физического мира, используемых А²МІ для объяснения и планирования последующих действий



Пример: задача обучения ГЛУБОКОЙ ИНС распознавать 3D изображения компьютерной томографии (КТ)

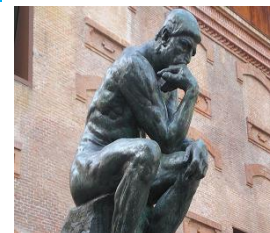
СК СПБПУ: **3 Пфлопс**
= 3×10^{15} Флопс

Обучающая выборка **10^4 КТ**



Для обучения н/с с точностью классификации **90%** надо:

- Число операций $\approx 10^{17}$
- Время обучения ИНС на СК $\approx 10^2$ сек
- t обучения на ПК (200 ГФлопс) $\approx 2 \times 10^6$ сек



Случайный градиентный спуск: алгоритм обучения глубокой сверточной нейронной сети:

- функция ошибки $F = \|y^* - y\|^2$, y^* - эталонный вектор признаков
- Алгоритм использует 10^{10} частных производных F по всем настраиваемым параметрам;
- Число операций численного дифференцирования на одну итерацию $Q = 10^{15}$

... де факто после 30.11.2022 ИНС стала прокси-субъектом – воплощая набор «личных» качеств обучающих ее людей и отраженных в корпусе обработанных текстов с выделением мыслимых связей слов и понятий в форме token space ...

Раньше «Прокси» решения были

- в форме математических уравнений

а с появлением LLM стали

- в форме текстов, «сгенерированных» LLM трансформерами - быстро , но не точно (вероятно)

Кому от этого стало лучше ?



Современное МО: и не так быстро (500 эпох) и не точно

$X = -1, 0, 1, 2, 3, 4$

$Y = -3, -1, 1, 3, 5, 7$

$$Y = 2X - 1$$

```
model = keras.Sequential([keras.layers.Dense(units=1, input_shape=[1])])  
model.compile(optimizer='sgd', loss='mean_squared_error')
```

```
xs = np.array([-1.0, 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0], dtype=float)
```

```
ys = np.array([-3.0, -1.0, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0], dtype=float)
```

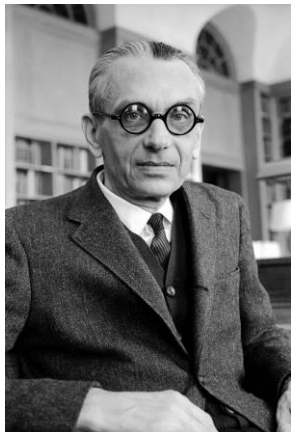
```
model.fit(xs, ys, epochs=500)
```

```
print(model.predict([10.0]))
```

Модель за 500 эпох обучения была обучена на 6 парах чисел.

Если задать $x=10$, то ответ $\approx 19,12...$

Д. ЧАЛМЕРС В ПОИСКАХ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ТЕОРИИ : СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ УЧАТ ЛИШЬ РАЗЛИЧАТЬ «ТЕНИ РЕАЛЬНОСТИ»



МО «под сенью»
теорем К.
Геделя

Нет
ничего **практичнее**
хорошей **теории**.
Л. Больцман



Проблема:
«энтропия символа» и
робастность оператора
«проекции»

модель
«**КОМПОЗИТНЫЙ**
объект» реальности

О соответствии
судит «внешний
наблюдатель»



Д. Чалмерс в книге **Сознающий ум:**
о супервентности **модели и объекта** или
отношении детерминированности
состояния любой системы состоянием
другой системы.

В. Кандинский, 1910 «Без названия»



....при рассмотрении множества
объектов необходимо выделять
свойства, которые **оказываются**
инвариантными к проводимым
операциям преобразования

(Марков А.А., Теория алгорифмов.,
1954)

Объяснение относительно ... ! Что можно принять за инвариант в задачах МО?

Математических моделей у исследуемого явления может быть много, а их значимость зависит от контекста (ситуации).

Information: the difference that makes the difference
«Информация – это различие, которое **имеет значение**».

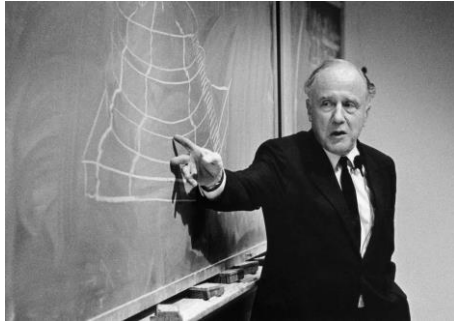
ИНТЕРВЬЮ ЯНА. ЛЕКУНУ: Я БОЛЬШЕ НЕ ИНТЕРЕСУЮСЬ LLM



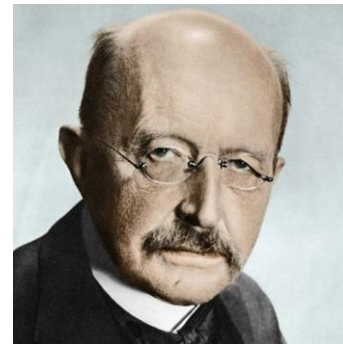
Трансформеры, благодаря своей архитектуре, могут обрабатывать входные данные **параллельно**, что ускоряет обучение, но

1. Не могут моделировать физику
2. Не обладают «персистентной» памятью
3. Не способны рассуждать
4. Не могут планировать свои действия

Яна Лекун: Advance Machine Intelligent – в поиске «первых принципов» теории ИИ

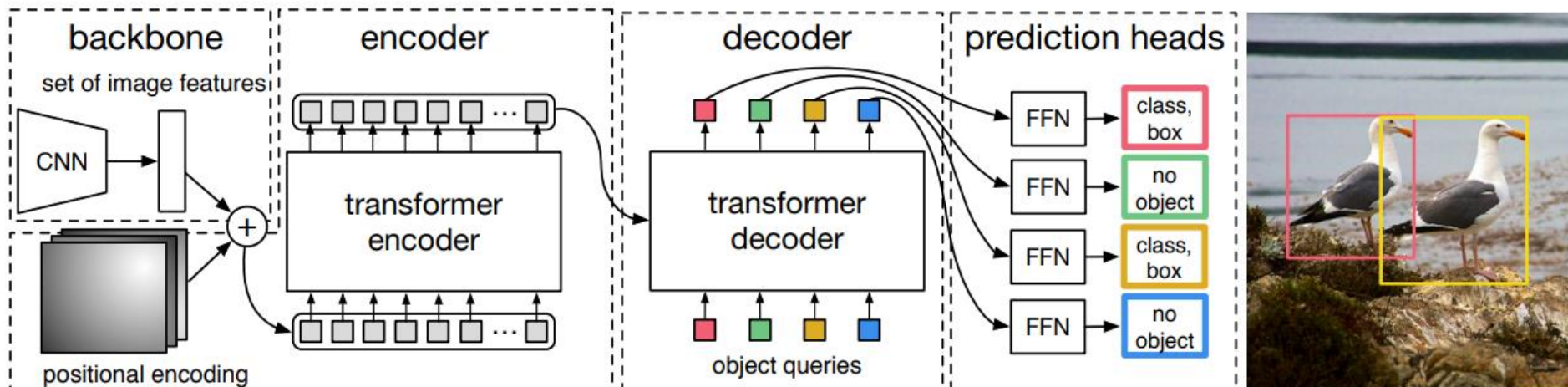


- It from bit - Дж. А. Уильер
- Сущность является (через программу) , а явление (программа) существенно (отражает внутреннее свойство наблюдаемого предмета) - Г. Гегель
- **Время** перехода Δt носителя одного бита (bit carrier) из состояния «0» в «1» **ограничено** $\Delta E * \Delta t \geq \hbar$



Почему вместо RNN потребовался Transformer

RNN содержат всю информацию об обрабатываемой последовательности **в скрытом состоянии конечного объема**, которое обновляется с каждым шагом. Обучение **RNN сложно распараллелить**



В основе Transformer лежит механизм self-attention, который **позволяет обрабатывать данные параллельно** с учетом контекста, применяя по очереди энкодер к последовательности N блоков состоящий из трех слоев: multi-head attention и feed-forward network + слой layer normalization

ВОПЛОЩЕНИЕ LLM - ПОВОД ЗАДУМАТЬСЯ НАД ПРОБЛЕМОЙ САМООБУЧАЕМЫХ МАШИН

*Само-улучшающийся сверхразум
спровоцирует взрыв интеллекта*
Ирвинг Гуд, 1956

*До тех пор, пока сознание не включат в
физику, она не будет полна*
Н. Бор, 195?

и вернуться к обсуждению концепции «Машины Гёделя» (МГ)- компьютера, который **переписывает** любую часть исполняемого кода (**реконфигурирует «железо» ???**), как только в процессе своей работы находит доказательства того, что возможны изменения, которые будут «полезны» с точки зрения повышения «эффективности» вычислений.

В машине Геделя реализуется механизм не случайной эволюции, а дедуктивный «**искатель Доказательств**» (входит в исходный код самой машины), причем сам «**искатель Доказательств**» **может быть переписан**.

«...я оглянулся посмотреть не оглянулась ли она...» ??? ...

Вопрос: не «оглядываемся» ли мы на уже решенную проблему ???

Очевидно, что любой «инструмент» реализует лишь одну «экзо» функцию интеллекта но не может **сам** убедиться в **истинности полученных с его помощью решений**. Итак:

любая гипотеза о свойствах полученных решений (истины, ложны, вероятны) **не окончательная**;

Поэтому 4 классических принципа современной **архитектуры компьютеров фон Неймана** не отвечают концепции «МГ»

Робот «Писарь»
был изобретен
часовым мастером
из Швейцарии около
250 лет назад



состоял из 6 000
деталей
и умел **писать** фразу
длиной до 40 букв
гусиным
пером, которое он
макает
в чернильницу

ВОПЛОЩЕНИЕ ИДЕЙ «МАШИНЫ ГЕДЕЛЯ» И ОТВЕТ НА РЯД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ (ПРЕЖДЕ ВСЕГО $P=NP$???)

- Фундаментальные науки развивается не путём индуктивных выводов из наблюдений – методов машинного обучения, а **на основе правил мультимодального вывода (концепций миров С. Крипке)**, которые **логически** возможны и не противоречат опытно-экспериментальными данными - фактами.
- «Постепенно я стал отчаиваться в возможности докопаться до истинных законов путём конструктивных обобщений фактов. Чем дольше я старался, тем больше я приходил к заключению, что только **открытие общего формального принципа** может привести нас к надёжным результатам».

А. Эйнштейн:

Для этого используется непараметрическая модель объекта (модель ядерной регрессии (1964) Надаря-Уотсона $E(Y|X) = m(X)$)

$$y = \sum_{i=1}^N \alpha(q, k_i) v_i$$

где веса для вычисления взвешенного среднего определяются «ядром» модели $\alpha(q, k_i) = \text{softmax}_i \left(\text{score}(q, k_j) \right)_{j=1}^N$

q – query -
запр
ос
 k_i – key -
ключ
 v_i – value –
знач
ение

«механизм внимания» это - преобразование (нормализация) «ядра» модели $\alpha(q, k_i)$ в «вероятность» некоторого действия (снять задачу, продолжить вычисления, изменить параметры)

Такой механизм позволяет

- вычислить смыслы сложных предложений естественного языка
- работать с произвольным числом пар данных [ключ (k_i), значение (v_i)], используя линейную функцию [q (query)/запрос, k_i (key)/ключ]
 - $\text{score}(q, k_i) \propto \mathbf{q}^T \mathbf{k}_i$,
либо
 - $(W_Q q)^T (W_K k_i) = q^T W_Q^T W_K k_i = \mathbf{q}^T \mathbf{W} \mathbf{k}_i$

- 1) Входная последовательность проецируется на три отдельных **набора (прогноза) данных**: **Запросы** - (Q) **ключи** - (K) и **значения** - (V) . Значения **прогнозов** – локально взвешенное среднее вычисляются умножением **входных данных на весовые матрицы**.
- 2) **Оценки внимания**: вычисляются путем скалярного произведения соответствующего **вектора запроса Q** и всех **векторов ключей K** . Эти оценки отражают релевантность каждой позиции текущей обрабатываемой позиции.
- 3) **Взвешенная сумма значений** внимания нормализуются с использованием функции **softmax**, а веса внимания используются для вычисления взвешенной суммы векторов значений V , создавая выходное представление текущей позиции.

ВСПОМНИМ СЛЕДСТВИЕ ТЕОРЕМЫ БЛЮМА

«следствие» Теоремы: общее время на выполнение программы на «старом» процессоре, но с новым алгоритмом, меньше времени на выполнение такой же задачи на новом процессоре, но по старому алгоритму.

- **Вывод 1.** Поиск **новых алгоритмов** эффективнее, чем построение специальной высокопроизводительной техники.
- **Вывод 2.** Использование генеративных LLM открывает возможность «**построения**» **машины Тьюринга (МТ) с механизмом внимания** для того, чтобы ускорить выполнение прикладной и вычислить момент времени, когда с наибольшей вероятностью алгоритм решения «может остановиться» .
- **Вывод 3.** Необходимо искать: а) новые алгоритмы решения обратных задач, используя **регуляризацию полученных решений на основе объяснения**, б) алгоритмы ...адаптации «железа» для реализации этих алгоритмов

Уровень «объяснения» результатов моделирования

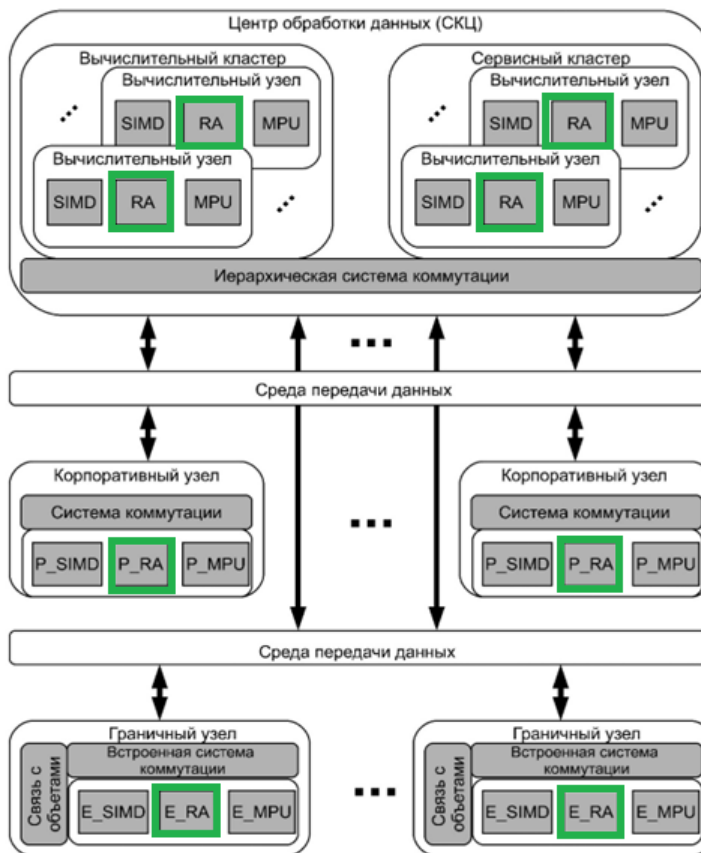
Энерго-вычислительная эффективность >4
Гфлопс/Вт

Уровень «агрегации» данных, механизм attention b классификации процессов

Энерго-вычислительная эффективность >10
Гфлопс/Вт

Уровень CPU/GPU/FPGA программируемых операций

Энерго-вычислительная эффективность >20
Гфлопс/Вт



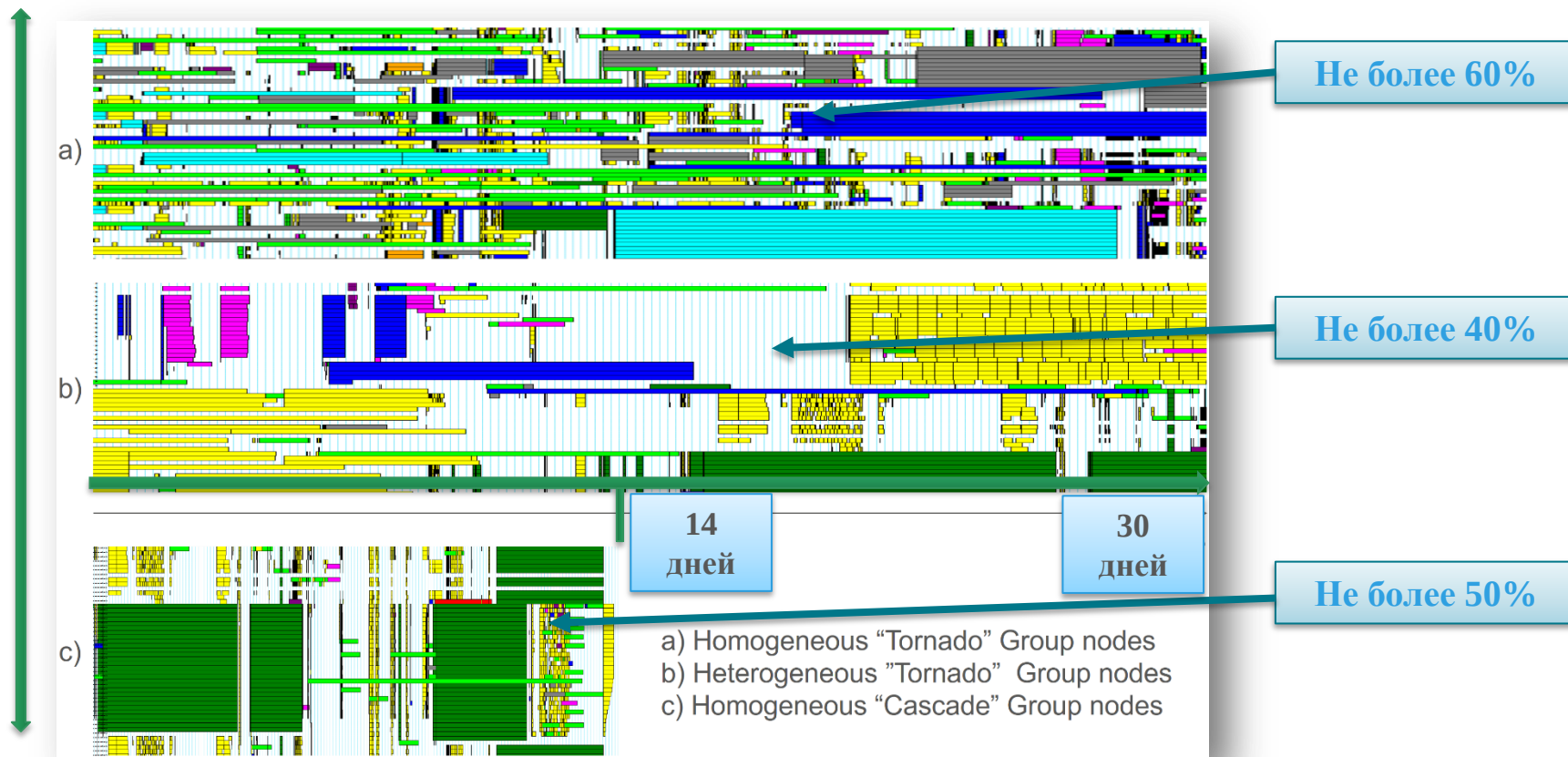
- Можно ли создать вычислительное устройство, которое бы «выкачивало» информацию для своей работы (свободную энергию) из окружающей среды (как «демон максвелла» из теплового движения молекул газа...) и превращала бы её в «полезную вычислительную работу» ?
 - физическая система **массы m** имеет теоретический предел производительности процессов обработки информации (**Предел Бремерманна**) $\frac{c^2}{h}$:
 - $\approx 1,36 \times 10^{50}$ бит в секунду на 1 килограмм вещества (**6×10^{33} операций на 1 Дж**)
- Современные вычислители: 20×10^9 операций/Вт

Можно ли и как построить АМІ **Advance Autonomus Machine Intelligent** систему которая приближается по производительности к $1,36 \times 10^{50}$ бит/секунду на 1 килограмм вещества ?

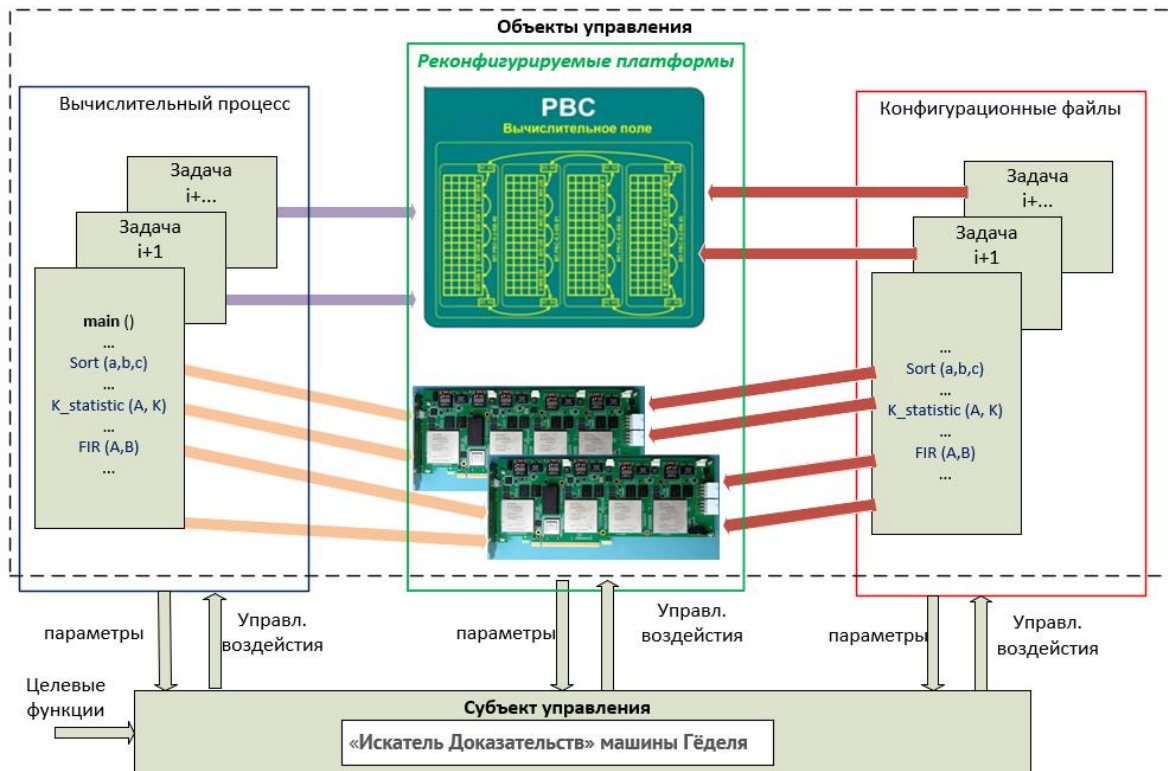


ПОЛИТЕХ

ЭНТРОПИЯ «РЕАЛЬНОЙ» ЗАГРУЗКИ ГИБРИДНОГО СК



КОНСТРУКТИВНАЯ БОРЬБА С ЭНТРОПИЕЙ: ОБЪЕКТ И СУБЪЕКТ НА ОДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ.



Управление процессом вычислений осуществляется на основе реализации процедур «обучения» компьютера «решать» различные задачи, а именно:

- на **аппаратном уровне** – реконфигурировать ресурсы используемой вычислительной платформы к особенностям алгоритма решения конкретной задачи
- на **программном уровне** **управлять** «траекторией» алгоритма решения задачи в пространстве аппаратных возможностей вычислительной системы.

Эта платформа еще не машина Гёделя, но само способна к обучению и...объяснению

ЭКСПЕРИМЕНТ С ЯЗЫКОВЫМ БОТОМ GPT-4o:



Alright, let's tackle this puzzle step by step. We have the following equations:

1. $x + x = 60$
2. $y + y = 20$
3. $z + z = 4$
4. $x + y \div z = ?$

Our goal is to find the value of the expression $x + y \div z$. To do this, we'll first solve for each variable x , y , and z individually using the first three equations, and then substitute those values into the fourth expression.

Solving for x :

The first equation is:

$$x + x = 60$$

Combining like terms:

$$2x = 60$$

Now, divide both sides by 2 to solve for x :

$$x = \frac{60}{2}$$

$$x = 30$$

So, $x = 30$.

Solving for y :

The second equation is:

$$y + y = 20$$

Combining like terms:

$$2y = 20$$

Divide both sides by 2:

$$y = \frac{20}{2}$$

$$y = 10$$

So, $y = 10$.

Solving for z :

The third equation is:

$$z + z = 4$$

Combining like terms:

$$2z = 4$$

Divide both sides by 2:

$$z = \frac{4}{2}$$

$$z = 2$$

So, $z = 2$.

ЭКСПЕРИМЕНТ С ЯЗЫКОВЫМ БОТОМ GPT-4o-MINI:

Evaluating $x + y \div z$:

Now that we have the values of x , y , and z , we can substitute them into the expression $x + y \div z$.

Substituting the values:

$$x + y \div z = 30 + 10 \div 2$$

Now, we need to follow the order of operations (PEMDAS/BODMAS rules), which dictate that division comes before addition. So, we'll perform the division first:

$$10 \div 2 = 5$$

Now, add this to x :

$$30 + 5 = 35$$

Verifying the Steps:

Let me quickly verify each step to ensure no mistakes were made.

1. $x + x = 60$:
 - $2x = 60 \rightarrow x = 30$. Correct.
2. $y + y = 20$:
 - $2y = 20 \rightarrow y = 10$. Correct.
3. $z + z = 4$:
 - $2z = 4 \rightarrow z = 2$. Correct.
4. $x + y \div z$:
 - Substitute: $30 + 10 \div 2$.
 - Division first: $10 \div 2 = 5$.
 - Then addition: $30 + 5 = 35$. Correct.

Everything checks out!

Potential Pitfalls:

It's easy to make a couple of mistakes here if we're not careful:

1. **Order of Operations:** One might mistakenly add x and y first before dividing by z , leading to:
 - $(x + y) \div z = (30 + 10) \div 2 = 40 \div 2 = 20$.
 - This would be incorrect because addition and division have different precedence, with division taking priority unless parentheses are used.
2. **Misreading the Equations:** Initially, one might think that the variables are being concatenated (like digits) rather than added. For example, interpreting $x + x$ as xx (a two-digit number where both digits are x), leading to:
 - $xx = 60$ implying $x = 6$ (since $66 \neq 60$), which doesn't make sense.
 - Similarly, $yy = 20$ would imply $y = 2$ (but $22 \neq 20$), and $zz = 4$ would imply $z = 2$ ($22 \neq 4$).
 - This interpretation quickly falls apart, confirming that the correct interpretation is addition.

Given that the straightforward addition interpretation leads to consistent and correct values, we can be confident in our approach.

Final Answer:

After carefully solving each equation and correctly applying the order of operations, the value of $x + y \div z$ is:

35

GPT-4o:

- Содержит чёткое пошаговое объяснение.
- **Есть возможность использовать фото** в качестве входного промпта.
- Акцент на верном порядке операций.
- **Ответ получен быстро и лаконично.**

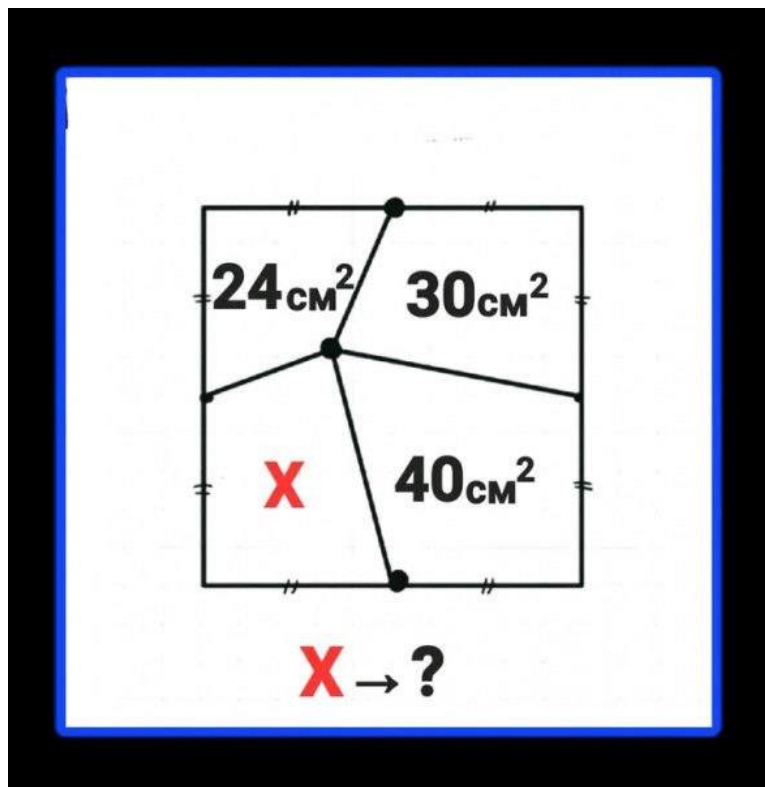
GPT-4o-mini:

- Представляет **корректное и компактное решение.**
- Ответ схож GPT-4o, **без деталей.**

DeepSeek-V3:

- Предоставляет подробный разбор задачи, но у бота **нет возможности использовать входной запрос в виде фото.**
- Ответ включает объяснения потенциальных ошибок и **очень информативен.**

Но есть задачи, которые «индуктивные» LLM боты не могут решить, например:



Проблема в том, что ответ задачи многозначный, то есть содержит множество формально «правильных» ответов:

$X=27$ и

$X=50$

Понять, какой ответ надо выбрать LLM бот не может

Решение на основе «концептуального» обучения – использования **дедуктивных знаний**, которые явно не описаны в условиях РЕШАЕМОЙ задачи, ТАК: площадь СУТЬ **аддитивная мера**, мера площади квадрата равна квадрату его стороны... **квадрат стороны $11^2=121$, $121 - 24-30-40=27$** ... а решение 12^2 не подходит по сравнительному «размеру» ...

Перспективы имеют

1. реализация **композиционных моделей** на базе механизмов самовнимания на базе непараметрических регрессионных моделей
2. развитие методов **концептуального обучения** для ограниченного класса прикладных задач
3. применение **формализма модельных логик** «воображаемых миров» С. Крипке и мультимодельного описания К-значных контекстных условий

Итак: «лингвистический поворот» в развитии компьютерных наук позволяет объединить несколько моделей истины, ... используя для этого **формализмы мультимодальных логик**, каузальных референций и концептуальное описание **свойств «воображаемых , но логически возможных миров»**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



ментально-формальный резонанс:

воображения, мышления и метафоры абстракций

идеи «обучения машин» (ОМ) :

- **Аксиома выбора** – *из непустых множеств всегда можно создать новое множество ...*
(алгоритмическая неразрешимость задач)
- **Теорема Банаха-Тарского** – *из трехмерного шара можно собрать два идентичных шара, каждый с объемом равным исходному*
(ограниченная делимость понятий и точность вычислений)
- **Теорема Геделя** – *непротиворечивая формальная система не может быть полна*
(истинность верного предположения невозможно доказать)



«ДАЛЬТОНИЗМ»

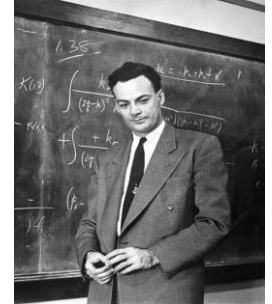
«жизненного опыта»
- решение узнаваемо,
находится быстро,
но...не точно

Парадокс «импликации»:
«из лжи может следовать
все, что угодно»



Любые обратные задачи «неустойчивы» по отношению к погрешностям в исходных данных, Поэтому нужны принципы отбора (регуляризации) «правильных решений»

А. Н. Тихонов: найти асимптотически верное решение



Р. Фейнман сказал «Заткнись и считай!»

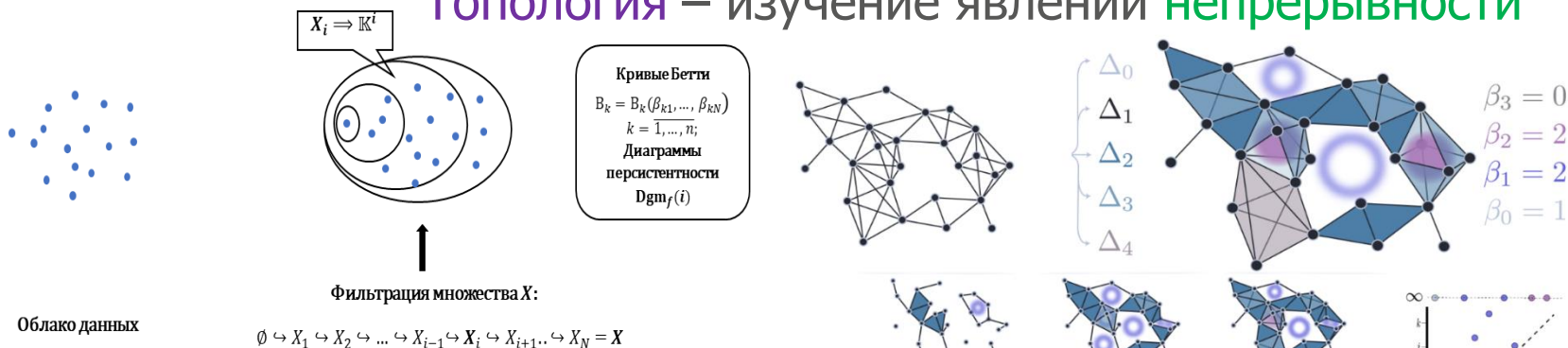
Пример из математики:

- «прямая задач: $1+2=3$ (есть одно решение)
- «обратная задача»: найти способ, как вычислить «3» (способов таких... много)

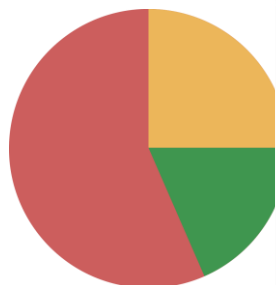
в физике проблема «обратных задач» почти решена: на «правильных» решениях должен выполняться закон сохранения энергии

- «Фундаментальный» вопрос теории ИИ: Какие «концепты» (законы) сохранения надо использовать для получения «правильных» решений задач ИИ?

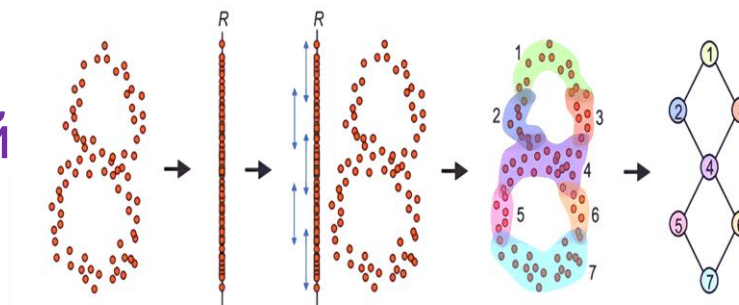
Топология – изучение явлений непрерывности



Статистика дискретных событий



Нормальное распределение (Гауссово)



гистика конечного набора данных из заданного распределения

Функции вероятности распределения событий в общем случае неизвестна

