



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

Введение в профессиональную деятельность

Лекция 1

**Понимание или ... компьютерное
моделирование
(часть 2)**

18 февраля 2020 г.

Что было на прошлой лекции:

- Объектом изучения компьютерных наук является **информация**. Информация отражает **атрибутивный** и **функциональный** аспекты материального мира, а обработка информации является физическим процессом, который требует энергии (of the order of kT for each irreversible function)
- Математика является «метафорическим» описанием отношений между объектами реальности, которые получены путем **идеализации** и **формализации** их **атрибутивных** и **функциональных** свойств.
- Так как **физическая реальность** состоит из «совокупности различных вещей и процессов», то эти различия **человек** воспринимает как «**информацию**».
- Человек наделен «**интеллектом**» поэтому способен воспринимать различия как через физические сигналы органов чувств, так и **ментально**, т.е. через **идеализацию**, т.е. **сознание** и информацию, используя для «пятое фундаментальное» физическое взаимодействие – **вычисления!!!**
 -

Список литературы

Есть две одинаково удобные позиции:
либо верить во все, либо во всем сомневаться;
то и другое избавляет от необходимости думать.

А. Пуанкаре

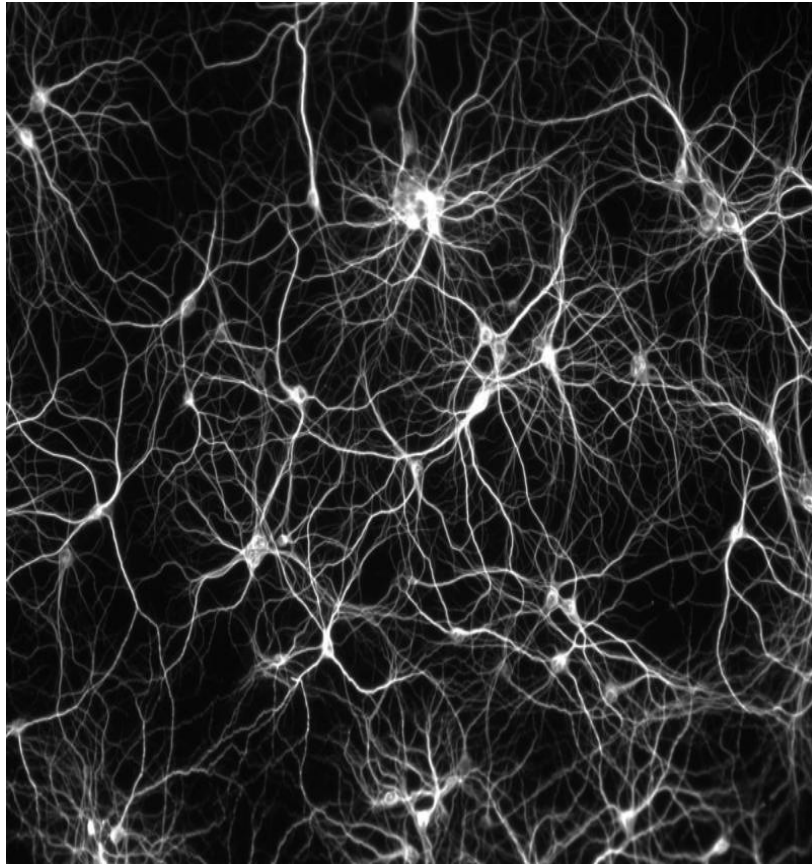
- Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования / М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. - 456 с.
- Пуанкаре А. О науке: - М.: Наука., 1990.
- Шеннон К. Э., Работы по теории информации и кибернетике, пер. с англ., М., 1963;
- Колмогоров А. Н., Три подхода к определению понятия «количество информации», «Проблемы передачи информации», 1965, т. 1,
- Ю. И. Манин. Математика как метафора. М., 2008.
- Кун Томас Структура научных революций, М.- 1977
- Д. Дойч Структура реальности. - Ижевск НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001, 400 с.

Что будем обсуждать на этой лекции

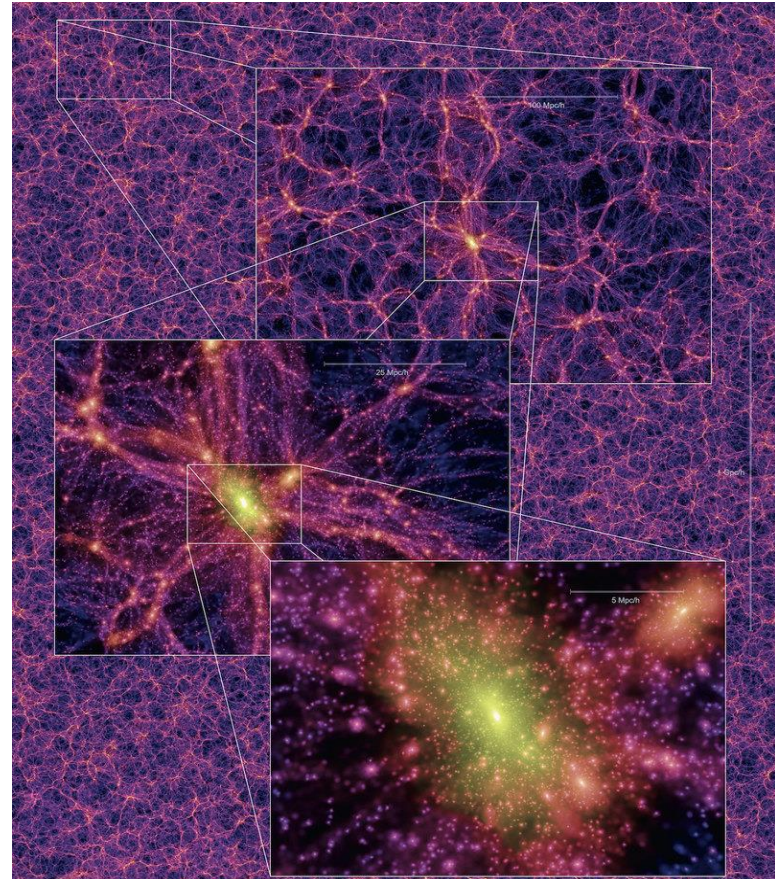
Можно ли от парадигмы науки **Cogito, ergo sum** (лат. — «Мыслю, следовательно, существую») перейти к новой парадигме **Computo, ergo sum** (лат. - «Вычисляю, значит существую»)



Две фундаментальные проблемы современной науки: понять работу мозга и строение Вселенной

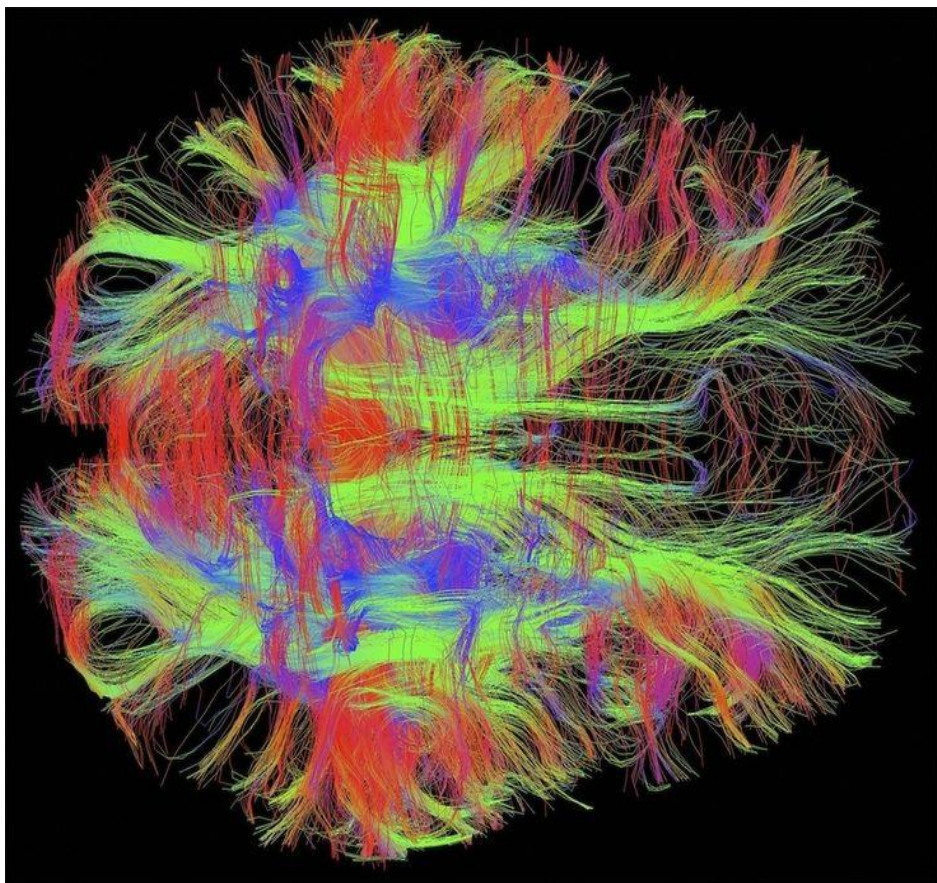


КТ сети нейронов в мозгу
**В чем
 разница ???**

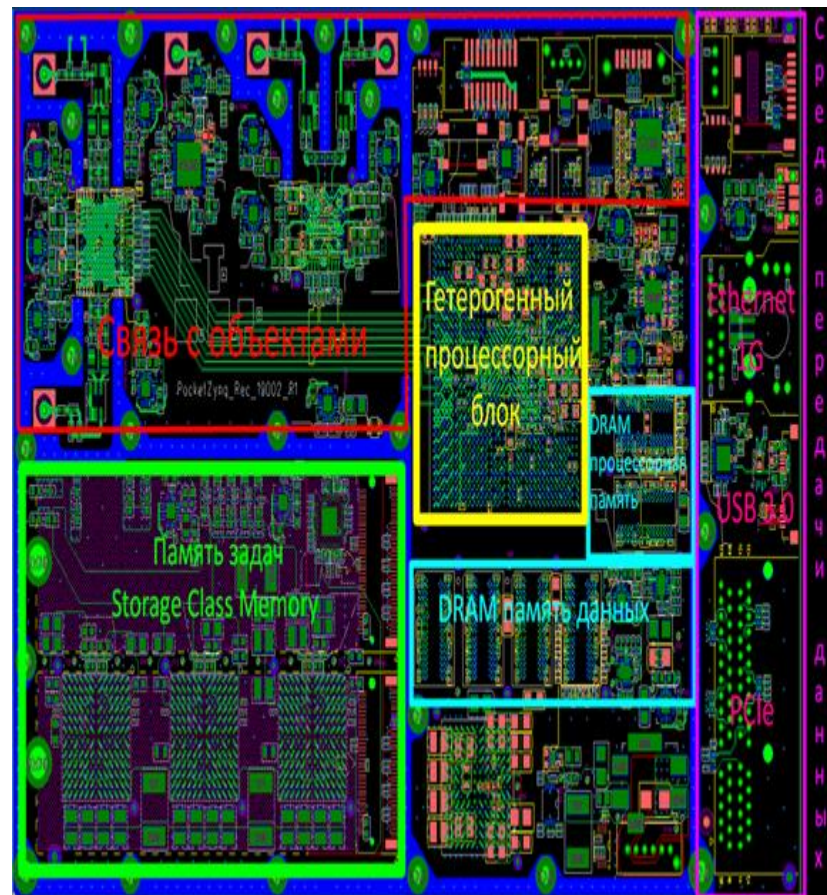


Снимок в рентгеновском спектре
 Млечного пути

В чем разница ?



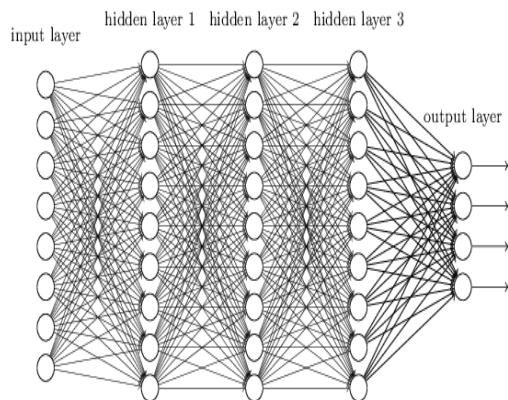
МРТ нейронов мозга



Компьютерная модель сети связей вычислительного блока

Дрейф компьютерных наук: от «логики» к «большим данным» и от «нейро» к «гетеро» - генному подходу к вычислениям.

нейронная сеть - **индуктивный** классификатор входных данных

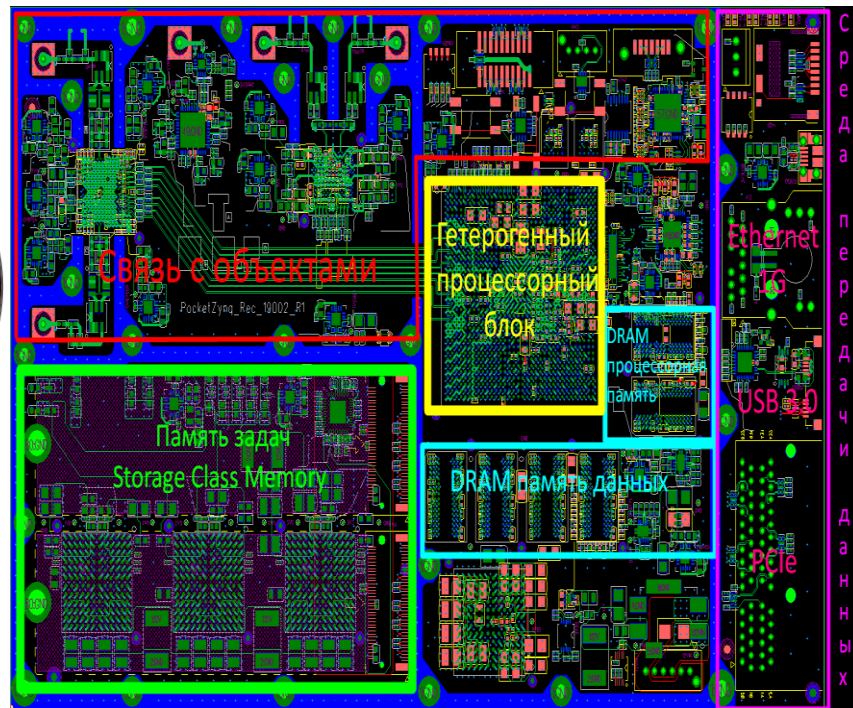


$$\begin{aligned}\nabla \cdot \nabla \psi &= \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \\ &= \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left[\sin \theta \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} \right]\end{aligned}$$

Суть нейроморфного подхода:

- Непроцедурное отображение множества входных данных на **множество заданных классов**
- Программирование без явно заданного алгоритма с помощью «обучения» на примерах

Гетерогенный вычислитель:



Суть гетерогенного подхода:

- Реализация возможностей **прямого алгоритмического** решения и индукции с помощью «обучения» **неявного** алгоритма на **заданном классе примеров**

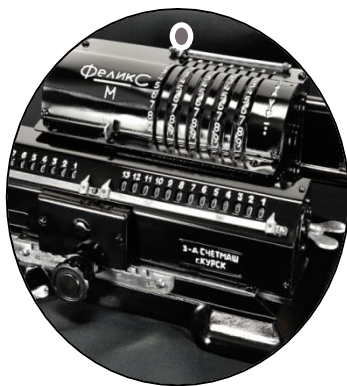
Трансформация вычислительных технологий

Тренд: от алгоритмов и **численных** решений к вычислению с помощью «**примеров**»

эра «часов»



эра **арифмометров**
<1960



Прямая задача:
реализация алгоритмов
численных решений
задач, **заданных**
уравнениями



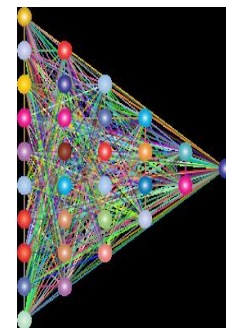
эра
автоматов-компьютеров,
управляемых **программами**
1960 – 2020



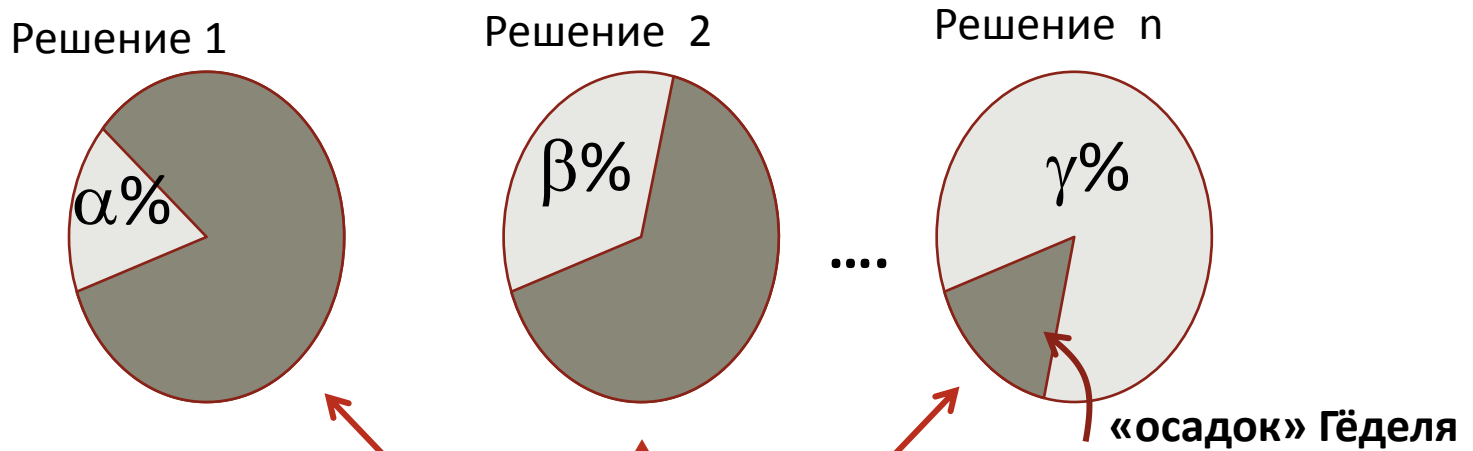
эра
вычислений или компьютеров,
управляемых **данными**
2020 >



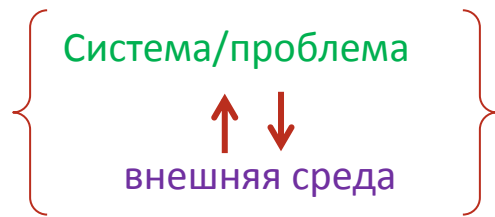
Обратная задача:
нахождение
алгоритмов решений
задач на **заданном**
наборе данных и
условий



«К.П. Д.» формализации



Доля «проблемы», которая алгоритмически (формально/математически) разрешима




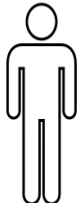
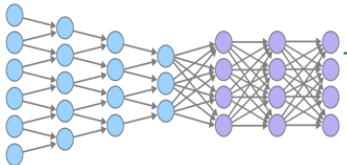

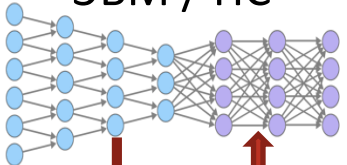

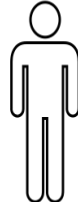
Соотношение «неопределенности»:

$\text{RealTime}_{\text{система}} \ll \text{RealTime}_{\text{среда}} \rightarrow \text{алгоритм (ЭВМ)}$

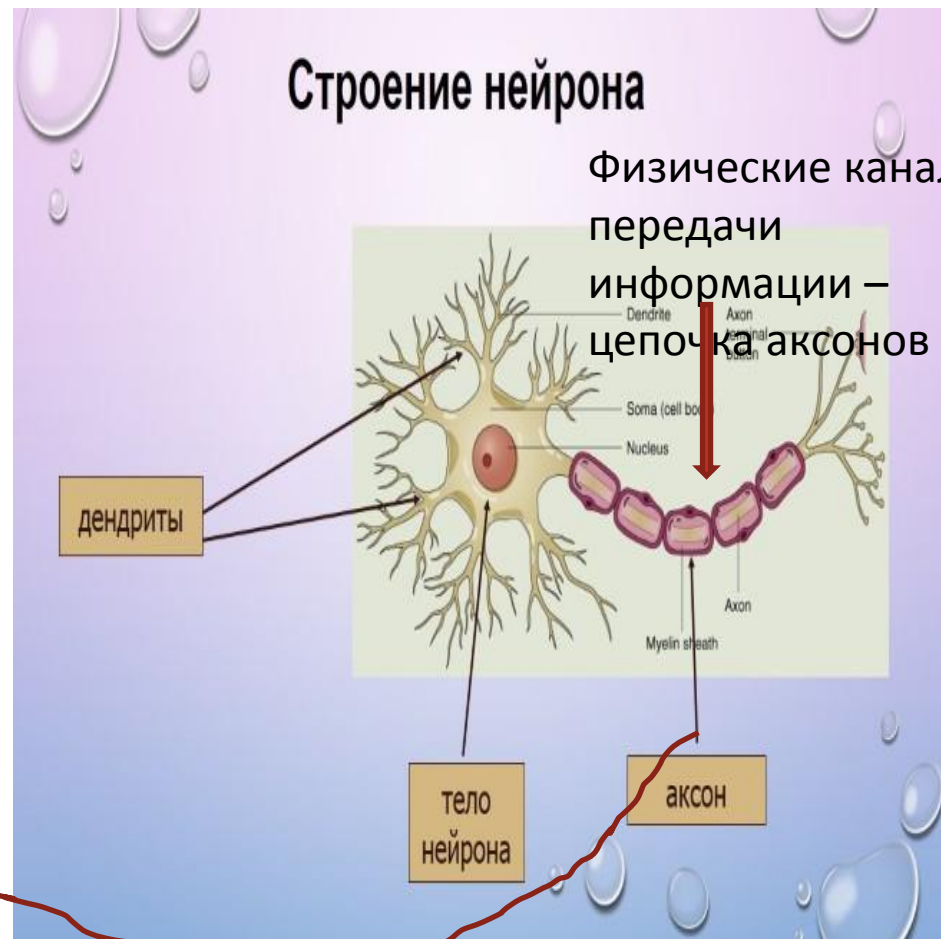
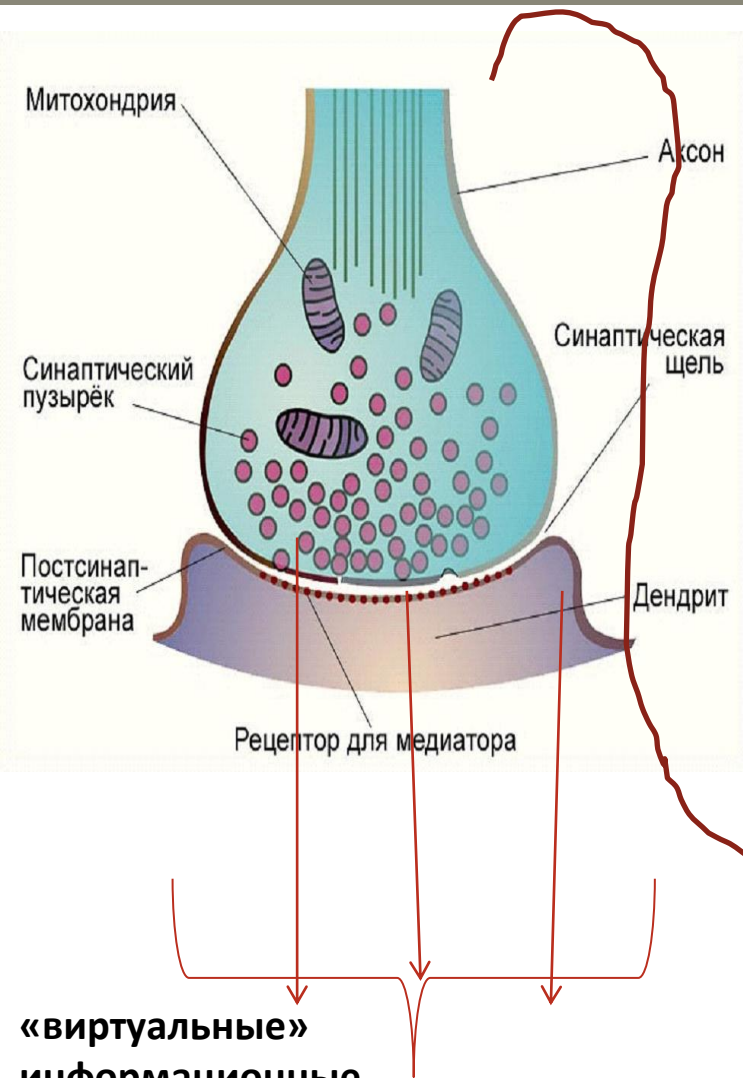
$\text{RealTime}_{\text{система}} < \text{RealTime}_{\text{среда}} \rightarrow \text{АСУ (ЭВМ+человек)}$

$\text{RealTime}_{\text{система}} \sim \text{RealTime}_{\text{среда}} \rightarrow \text{интеллект (Человек)}$

Эволюция от «прямых» алгоритмов вычислений к решению «обратных» задач

	Решение	Алгоритм	Оценка	Технологии
1	<p>ЭВМ</p> <p>{01001...100...}</p>	<p>Программа – процедурный алгоритм</p> 	 <p>«хорошее» «плохое»</p>	<p>Процедурное программирование</p>
2	<p>Нейро Сеть</p> 	<p>{11011...001...}</p> <p>{01001...100...}</p> <p>{10010...110...}</p>	<p>алгоритм оценки принадлежности классу</p>  <p>«да» «нет»</p>	<p>Машинное обучение</p>
3	<p>ЭВМ / НС</p>  <p>{01001...100...}</p>	<p>{11011...001...}</p> <p>{01001...100...}</p> 	<p>Критерии выбора</p> <p>$(.)^2, ...$ \sqrt{n} min, max</p>	<p>Интеллектуальные решения</p> 

Мозг как «сеть» виртуальных медиаторных каналов – процессоров , осуществляющих вычисления во время передачи данных



**«виртуальные»
информационные
каналы передачи
нейромедиаторов**

Нейромедиаторы — биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача информации между нейронами через синаптическую сеть мозга .

Организация гетерогенной вычислительной платформы

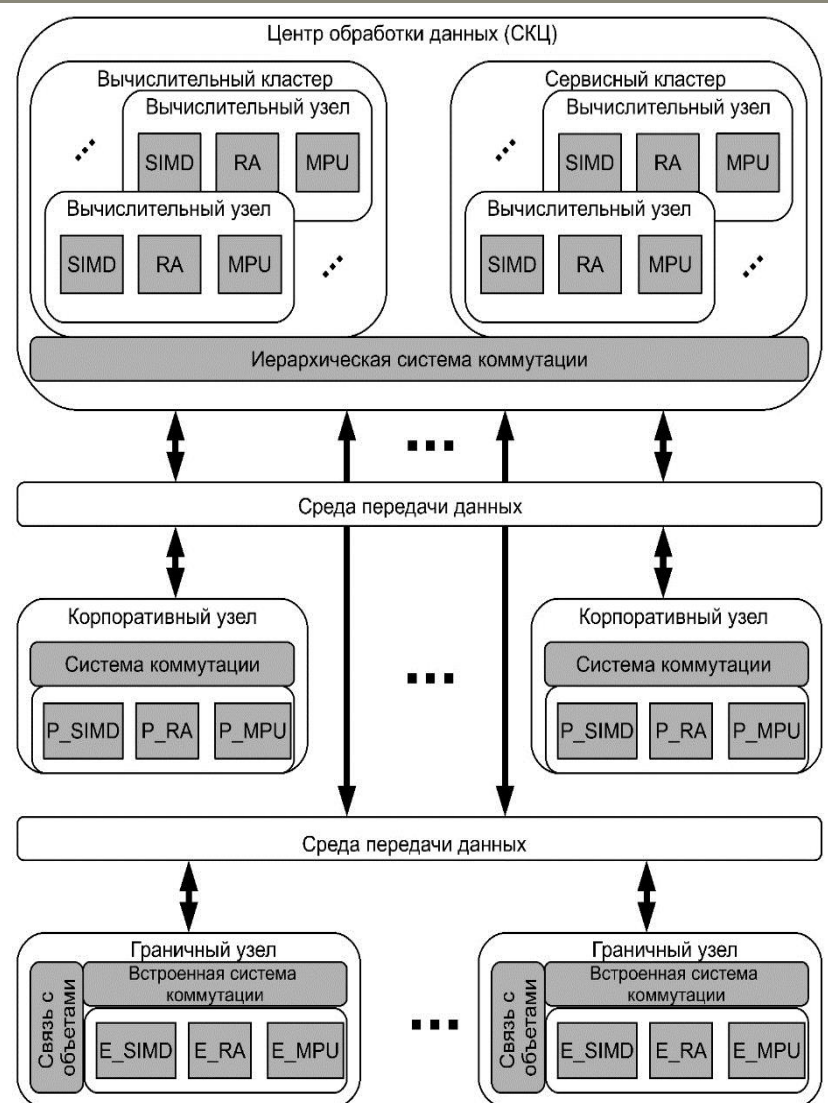
Уровень «system» - действие «Надо»
аналог неокортекса, реализация функции
«социального поведения».

Понимание результатов вычислений и решения
«обратных» задач синтеза алгоритмов в режиме
just in time – точно в срок (или плану)

Уровень «premises» - действие “Хочу” , аналог
лимбической системы, реализация функции
«инстинктивно/рефлексивного» поведения.
Оптимизация спецификаций и форматов данных,
«подготовка прошивок» для конфигурации ПЛИС,
контроль адекватности цифровых моделей

Уровень «edge» - Сенсорная среда обработки
данных

Доступ с «пространству» больших данных,
доставляемых сенсорами и используемых для
«извлечения» мульти-модальных данных

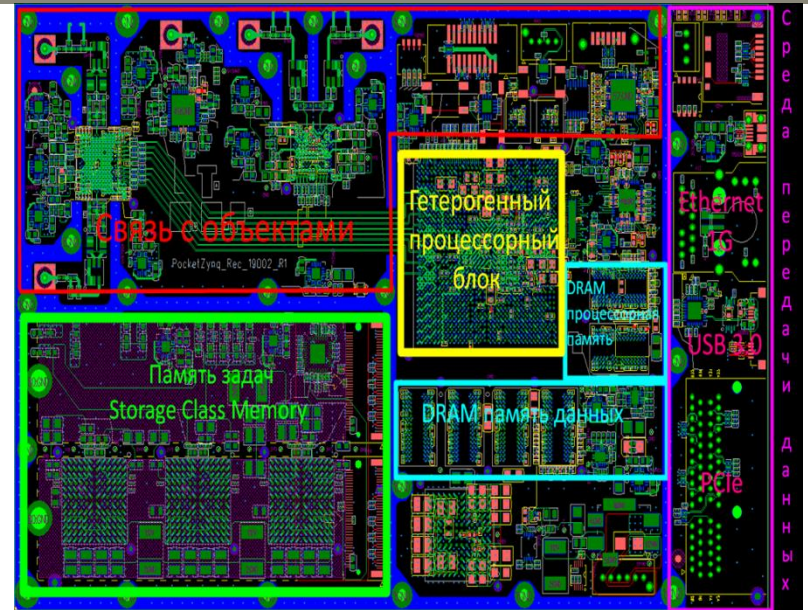


Компоненты гетерогенной платформы уровня

Подход: формирование общего поля памяти распределенной вычислительной среды процессорных ресурсов класса CPU|GPU|FPGA и «умных» протоколов передачи данных openCAPI | Gen-Z|CCIX.

Компоненты платформы «конфигурируются» с учетом требований к обмену информации решаемой прикладной задачи, используя как процедурные алгоритмы, так и методы машинного обучения, основанные на обработке апостериорной информации

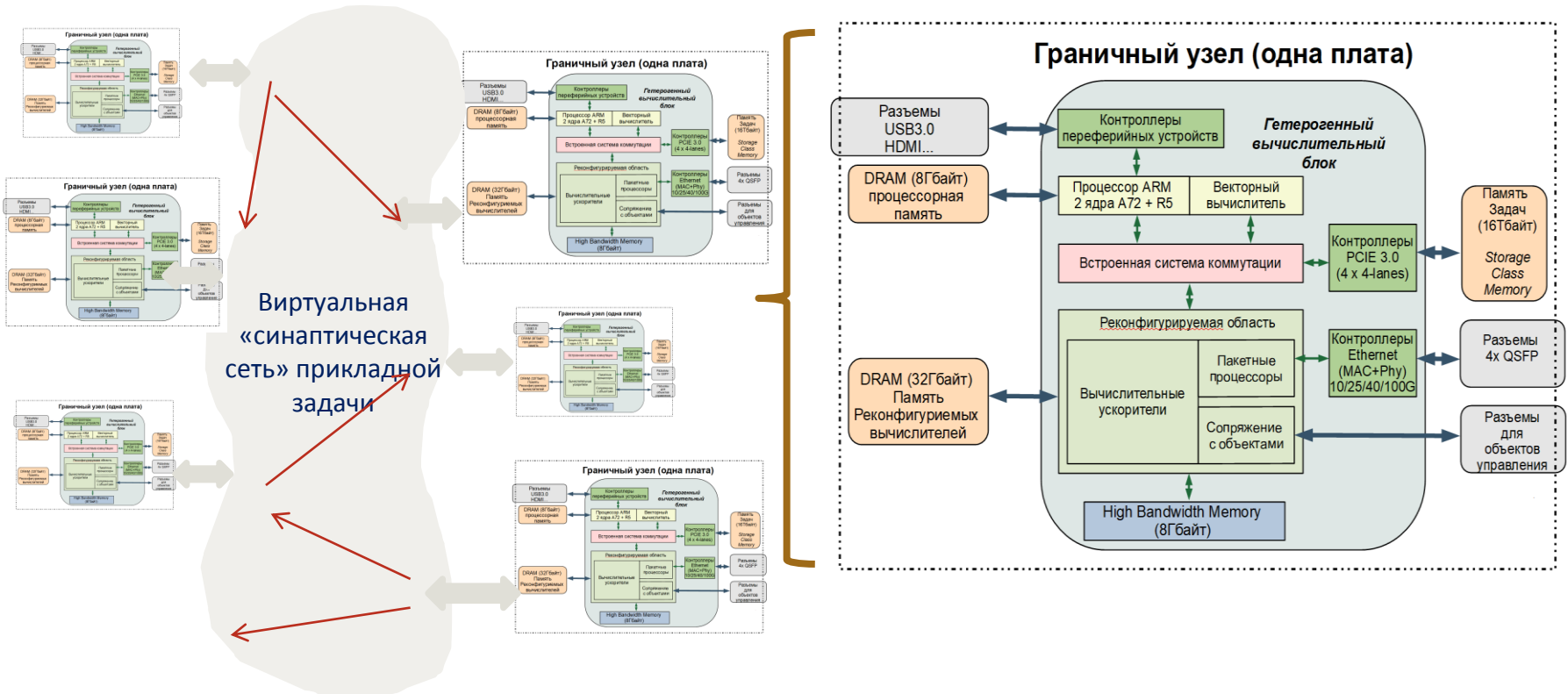
Результат: эффективное масштабирование процессов вычислений на трех уровнях платформы: обработки по заданным алгоритмам, агрегации с учетом статистики данных и «объяснения» результатов вычислений



Сеть виртуальных соединений программно-аппаратных компонент с архитектурой SIMD для имитации нейронных связей, реконфигурируемых микросхем RA – для адаптации к алгоритмам MPU для проведения логико-алгебраических вычислений в рамках гибридной технологии «computation in memory & computation in virtual channel»

Вычислительное поле платформы имитации когнитивных процессов (1)

Идея: «прикладная задача» формирует виртуальную сеть, которая связывает имеющиеся SIMD, RA MPU процессорные узлы и ресурсы памяти в общую программно-логическую и индуктивно-эмпирическую среду «вычислений-действий»



Методологическая сложность изучаемой проблемы:

- **Многоплановость** феномена информации в природе и социуме (выступает и как «объект» и как «предмет»);
- «Информация» выступает как междисциплинарная категория системы научных знаний;
- **Предметная область** информационных наук (физическая реальность, социум, техника...): телематика, компьютерные науки, ИИ, машинное обучение, киберфизика...

Атрибутивная концепция:

- Информация, как атрибут, характеризует меру сложности объектов и может проявлять себя в **биологических**, в технических и социальных системах.
- **Существуют общие закономерности** проявления информации как атрибута материи, изучение которых позволяет создавать **совершенные технические системы и эффективные инженерные приложения.**

Функциональная концепция:

- Информация, наделенная смыслом, как **функция сознания человека** возникает в результате процессов **отражения и абстрагирования**, включая результаты вычислений.
- **Функция смысла – информации (денотат)** обозначение языковым выражением (именем) предмета или класса предметов действительности.
- Денотат — это представление об объекте, а не сам объект. Денотат характеризует «**объёмом понятия**», носящего это имя или — экстенсионал понятия.

О значении слов и определений :

- «Если **значения слов (объем понятия)** не определены, то нет и смыслов. Если нет смыслов, то действия не происходят».

(Конфуций).

- «**Определите значения слов**, и вы избавите человечество от половины его заблуждений».

(Рене Декарт).

Классики о природе информации:

Норберт Винер: «Информация – это не материя и не энергия. Это третье».

(Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. 1958 г.)

Классики о природе информации Информация

Акад. В.М. Глушков: «Информация, в самом общем ее понимании, представляет собой меру неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени, меру изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы».

(Глушков В.М. О кибернетике как науке.
Кибернетика, мышление, жизнь. – М.: 1964.)

Различные меры информации

- **Мера снятой неопределенности**, которая имеет вероятностную природу (т.е. - $\log_2 p$, где p – вероятность произошедшего «события» - вероятностная концепция)
- **Мера сложности** системы или «длина» программы, с помощью которой «рассчитывается» объект
- **Мера неоднородности, разнообразия или изменений**

Вопросов, на которые надо дать ответы

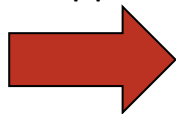
- Существует ли информация как объективная реальность?
- Какова **сущностная природа** информации?
- **Как возникает** информация?
- **Где возникает** информация?
- Куда «пропадает» информация?
- Как происходит **восприятие** информации?
- Как **передается** информация?
- Как связана информация с **материей и энергией**?
- Как связана информация с **сознанием**?

Выводы

Так как счет есть... механическое занятие, то оказалось возможным изобрести машины, которые совершеннейшим образом выполняют арифметические действия. Для **творческого духа** усовершенствовать себя до такой степени, чтобы стать машиной - **пытка**.
Г. Гегель. Наука логики. Т.1

Математизация реальности есть показатель приближения познания к «однородным» и простым элементам, законы движения которых допускают математическую обработку.

физическая модель



математическая модель



вычислительная модель



Что будем обсуждать на следующей лекции

- **Какие** отношения существуют между понятиями и фактами (логика) и между представлениями и операциями (математика).
- Разница между «**математическими и логическими**» формулами. Что такое математика «больших данных»?
- Представление логико-математических структур с помощью физических и компьютерных моделей – в какой форме в этих структурах «находится» информация? В чем разница -
 - **знать факты и понимать процессы**
 - или
 - **измерять и чувствовать.**

Ментальное и физическое или субъективно и объективно: феномен супервентности - «код - физический процесс»

Супервентность (англ. Supervenience) — отношение детерминированности состояния любой системы состоянием другой системы. Набор свойств одной системы супервентен относительно набора свойств другой системы в том случае, если существование различия между двумя фактами в свойствах первой системы невозможно без существования такого же различия между двумя фактами в свойствах второй системы



Код физического
процесса



Интеллектуальный
субъект,
«понимающий» код



Инструмент
«расшифровки»
кода



физический
«процесс»

Супервентный характер феномена «музыка» очевиден.

Вопрос: Все ли физические процессы имеют «код» ?

Примеры супервентности: 1) **отсутствие различий в компьютерной программе** при отсутствии различий в аппаратной конфигурации компьютера; 2) **отсутствие различий в экономике** при отсутствии различий в поведении экономических агентов.

С точки зрения информационного описания конкретного материального объекта или системы наблюдаемые «равновесные» состояния не различимы (в равновесном состоянии игнорируются микроскопические сущности, например, движение молекул и атомов, из которых состоит тело).



Гипотеза 1. Сущности, которые нельзя измерить, нельзя арифметизировать, т.е. знания о них не имеют **числовой меры**.

Гипотеза 2. Знания, которые можно арифметизировать, обладают свойством **аддитивности** (их можно складывать и накапливать).

Гипотеза 3. Если знания о состоянии системы удастся разбить на независимые фрагменты, которые можно арифметизировать, то числовая мера совокупного знания есть сумма числовых мер отдельных фрагментов.

- **Математика – цифровая (числовая) метафора свойств реальности.** В Природе действуют не только количественные, но другие математические закономерности, а это приводит к «не идеальности» наблюдаемых физических процессов и «отклонению» от строгих математических формул.
- Законы, которые непосредственно выражаются математическими формулами, применимы к объектам, которые имеют «идеальную» цифровую модель
- Такая модель формирует «двойственные» пары :

число - слово,
модель - дефиниция,
представления - ощущения

...

Информация как мера «неоднородности» сообщений:

Физическая информация - объективное свойство реальности, которое проявляется в неоднородности распределения материи (вещества и энергии) в пространстве, а также в неравномерности протекания динамических процессов в неживой природе, технических и биологических системах.

$$H = K \cdot \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

Формула Шеннона (1949 г.)

где H — среднее количество информации в системе с выбором сообщений, с вероятностями $(P_1, P_2 \dots P_n)$, K — константа, зависящая от единицы измерения

Информационные процессы в природе и их прототипы

Информационный процесс	Носитель информации	Электронный прототип
Получение, прием данных	Органы чувств	устройства ввода
Обработка данных	Нервные импульсы, мышление	процессор
Хранение данных	Генетический код, память, письменность	электронные накопители
Передача данных	жесты, сигналы, язык	устройства вывода, компьютерные сети

Модели реальности физического и информационного планов

«Модель мира» - это научная абстракция 5-ого порядка, следующая за такими абстракциями как:

- Понятие (сущность естественного языка,)
- Число (носитель количественной меры)
- Алгебра (структура и свойства операций)
- Топология и отношения порядка

Модели «Мира»:

- **физического плана** – локальные и замкнутые. Такие модели описывают реальность, в которой прошлое и будущее формально **«симметрично»**, действует принцип физической «относительности».
- **информационного плана** – глобальные и открытые. В них «стрела времени» физически необратима, поэтому **«прошлое» физически недостижимо**, действует принцип относительности по отношению к знаниям субъекта.

Вопрос , достижимо ли прошлое **«информационно»** ?

Модель реальности как модель знаний субъекта

Модель научных знаний основана на понятии «доказуемо», которое следует законам:

- если высказывание доказуемо, оно истинно (доказать можно только истину, **доказательств лжи не существует**);
- логические следствия доказуемого также являются доказуемыми;
- логическое **противоречие недоказуемо** и т.п.
- если высказывание истинно, то неверно, что его отрицание также истинно («Если истинно, что Земля круглая, то неверно, что истинно, будто Земля плоская» и др.

Истинность или доказанность ... услышанного, произнесенного и вычисленного.

Ключевая идея логики знаний - истина «относительна» и зависит от

- Авторитета того, чьи слова услышаны
- Убежденности в истинности того говорит
- Правильности формул, которые используются для вычисления

Закон сохранения в форме логики «исключенного третьего»

Разница между математическими и логическими выражениями есть следствие логического закона: два противоречащих суждения об одном и том же **предмете**, взятом в одно и тоже время и в одном о том же отношении, не могут быть вместе истинными или ложными - **или а, или не-а** или **tertium non datur** (третьего не дано)

$$A \vee \bar{A} = 1$$

Логически осмысляя Мир, современная наука упрощает его, изучая единое целое по отдельным частям. Можно считать, «1» это цифровой код «всезнания», но применительно к «замкнутым» объектам реальности.

Заключение

- Человек - субъект воспринимающий информацию, «входит» в физическую реальность как материальный объект живой природы.
- Однако сознание человека не является объектом, который подчиняется законом физики.
- Сознание как объективный феномен способно управлять процессам изменения реальности (коэволюции), обрабатывая информацию и преобразуя ее в ментальные (инженерные) образы, которые затем воплощаются в объекты реальности