



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

КАФЕДРА

ТЕЛЕМАТИКА

Управление научными проектами (Методы исследовательской работы)

**Исследования как процесс
получения новых знаний** – решение
прикладных задач с использованием компьютеров
(занятие 5)

3 октября
2023 г.



Что обсуждали на прошлой лекции: СКЦ «Политехнический» база



.....для проведения исследований в области **машинного обучения и научения машин суперкомпьютерных кластеров**, включая разработку **НОВЫХ МОДЕЛЕЙ** :

- **внимания**, самовнимания, множественного внимания в случайных и глубоких лесах, трансформеров табличных и цензурированных данных
- **регуляризации «обратных задач»** на основе **объяснения** результатов проведенных вычислений (объяснительный ИИ)
- **анализа** функций выживаемости и полезности для цензурированные данные
- **многовариантного мультимодального** (тексты, фото, таблицы...) обучения машин (multiple-instance learning)



СОДЕРЖАНИЕ

- Инженерные вопросы к ИИ
- Абстракции и обобщения: функции
 - «реальная производительность» систем ИИ,
 - «выживаемость» прикладных заданий
 - «полезности» диспетчерского управления
- Концепция от «обучения vs программирование» к «обучение + программирование»



1. ИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ИИ

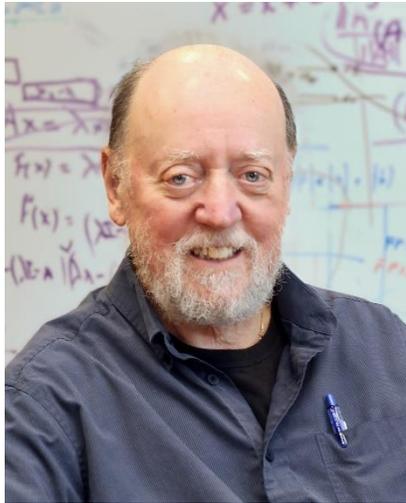
Почему

- обучить на основе Big Data нейросеть типа chatGPT 3 требуется столько энергии, сколько потребляет Нью-Йорк в течение месяца.
- ИИ изменяет науку, технологии и даже язык
- Язык как самая большая модель, благодаря которой человек строит остальные модели мира, изменяется под влиянием ИИ.
- ИИ приводит и к инфантилизации общества и к генерации новых знаний

Обучать, а не программировать, «Умнее, а не толще»: Научения вычислительной среды решать задачи пользователей

Less Moore, More Brain

Меньше Мура, Больше Мозга



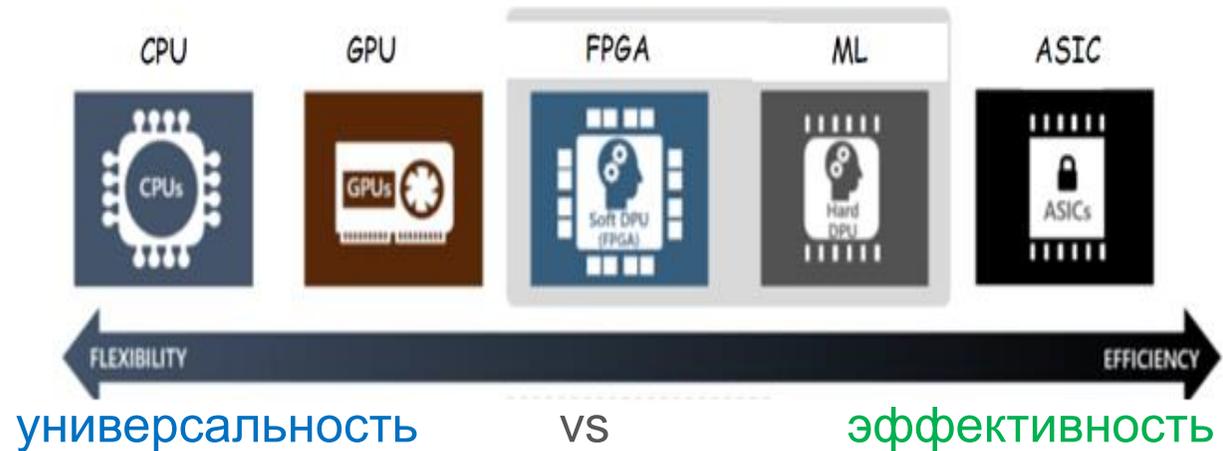
Дж. Донгарра

современные компьютеры умеют делать **всего одну операцию**, но делают это **очень быстро**

Проблемы современных технологий – 3Э:

- экзоинтеллект
- экономия энергоресурсов
- экология

«Умнее» (управление процессами и ресурсами), а не «Толще» (больше ядер, памяти и **Выше** частота)



Точность vs **быстродействие**

«быстро» – значит надо много энергии

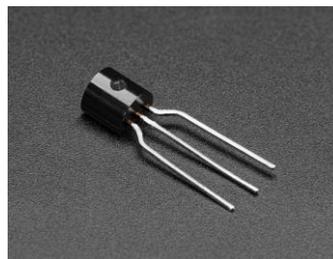
Вопрос:

как вычислять и быстро и точно



«МНОГО СЧИТАЕШЬ, МАЛО ДУМАЕШЬ»

- Разнообразие возможностей современных компьютеров обеспечивается специальным языком описания задачи (**математической надстройкой**) над булевой алгеброй механических (физических) процессов. Сама сложная «надстройка» состоит из простых (атомарных) операций....
- В основе любых автоматических вычислений лежит какой-то физический процесс и **какая-то математика (язык описания процессов)**. Причем, математика состоит **из разных по сложности прямых и обратных операций** (сложить проще, чем вычесть, умножить проще, чем делить, решить задачу сложнее, чем проверить правильность ответа, перемножить числа легко, факторизовать произведение сложно)
- Табличный аналог математической надстройки – все рассчитать, "забить" в память (записать) заранее составленную таблицу значений функции от различных аргументов («таблица Брадиса») и потом «самому» выбрать нужный ответ из готовой таблицы.
- «квантовые» вычисления : организовать физический процесс, который с высокой вероятностью «сам» сойдется к нужному ответу. !
- Итак,



1. Выбираем нужную таблицу

2. Определяемся с углом. Если нужно, то переводим в градусы по формуле $\alpha_{град} = \alpha_{рад} * 180^\circ/\pi$.
 $20^\circ \cdot 18' = 2'$

sin	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	1° 2' 3'
15°	0.2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	2756	2773
16°	2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	2924	2941
17°	2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3090	3107
18°	3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3256	3272
19°	3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	0.3420	0.3437
20°	0.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3584	3600
21°	3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3746	3762
22°	3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3907	3923
23°	3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	4067	4083
24°	4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	0.4226	0.4242
25°	0.4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	4384	4400
26°	4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	4540	4556
27°	4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	4695	4710
28°	4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	4848	4864
29°	4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	0.5000	0.5015
	50'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	cos

3. Находим нужное значение для угла в таблице

Не забудьте добавить "0." перед значением

4. Если количество минут лежит между интервалами в таблице, то нужно взять поправку, пользуясь табличкой справа. К примеру, если угол $27^\circ 20'$, то к 4586 нужно прибавить 5. Итого 4591

5. Строим специализированный квантовый компьютер



ПОЛИТЕХ

МЫСЛИТЬ
БУДУЩЕМ

ПРО КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

- Математический аппарат операций квантовой механики сложнее булевой алгебры (основа детерминированной логики), но именно это аппарат адекватно описывает квантовые физические процессы. Значит возможно.....
 - решение задачи с помощью квантовых вычислений – **найти ответ, не вычисляя** его, а просто «взять его из таблицы», которая сформирована с помощью специально организованного «виртуального» квантового эксперимента в соответствии с логикой квантовой механики,
- Полученный с помощью квантового компьютера ответ будет правильным, но только с некоторой вероятностью.
- **принцип «разной сложности»** прямых и обратных квантовых операций :
 - Шаг 1. Ввести в квантовый компьютер входные данные. Получить результат.
 - Шаг 2. Подставить результат в исходную задачу. Если проверка показала, что вычисленный «квантовый» результат не правильный, то Шаг 1 надо повторять до тех пор , пока проверкой не установим, что получили правильный результат.

квантовый компьютер будет генерировать результаты расчетов, которые расположены близко к правильным и вероятность случайно получить правильный ПРИНЦИПИАЛЬНО выше, чем при простой случайном переборе....

- Вопрос: учеников к Гильберту: решение какой задачи было бы полезнее всего для математики ? , ответ Гильберта – поймать муху на обратной стороне Луны

НАУЧНЫЕ АБСТРАКЦИИ И ОБОБЩЕНИЯ - ПРОБЛЕМА «СЛОЖНОСТИ» ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ И «ПРОСТОТА» МАТЕМАТИКИ



- астрофизика
- биоинформатика
- биофизика
- энергетика (энергомаш)
- геофизика (сейсмика/геофизика)
- машиностроение (авиа/авто/ракето)
- механика (прочность/гидродинамика)
- физика (плазмы/теор/квантовая и т.п.)
- радиофизика

Почему животным
не нужна
математика ?

Наука как гештальт – или неудовлетворенная
потребность человечества

ПОЧЕМУ МАТЕМАТИКА - СИНОНИМ ПОНЯТИЯ СЛОЖНОСТИ?

- сложности математики в абстрактности: некоторые математические понятия сложно представить в реальном мире (с этими понятиями надо разобраться)
- сложность и в том, что математике (наукам) в школе плохо учат , не изучают математику, а осваивают «программу»
- что математика — это новый род деятельности для мозга, и требует формировании новых нейронных связей.

1 уровень - логика первого порядка

для конкретных данных: $x(y+z) = xy + xz$.

2 уровень - теории второго порядка – «для любых данных»

3 уровень - мета теоремы (придание «второго смысла» математическим выражениям – доказуемо, но в арифметике не выражается): в теории Т может быть доказана утверждение Е

4 уровень - кванторы по теориям – теории о теории (теория «мощности» моделей): теория вещественных чисел имеет счетную модель...

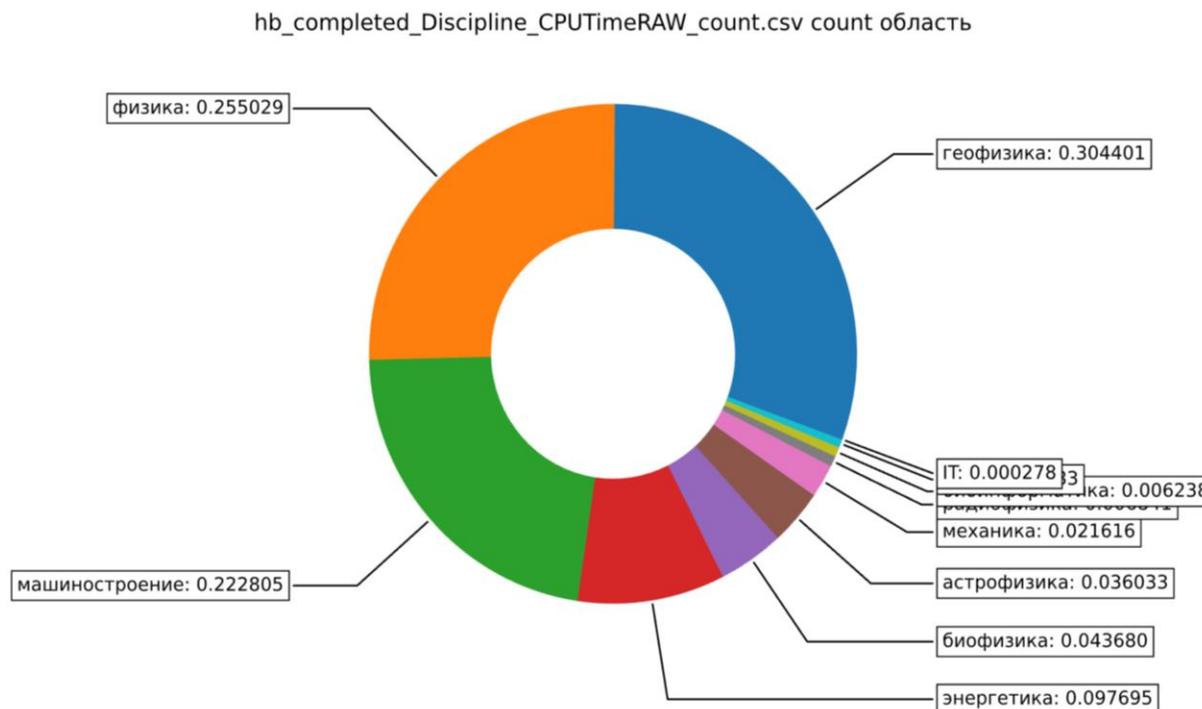
5 уровень - кванторы по логикам (модельным) . 6 уровень – философия (разные математические теории могут давать разные, зачастую диаметрально противоположные выводы)



КОНСТРУКТИВНАЯ АБСТРАКЦИЯ «СЛОЖНОСТИ» КАК ОБЪЕМ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ

Сложность - функция зависимости объёма «работы», которая выполняется некоторым алгоритмом, от размера входных данных

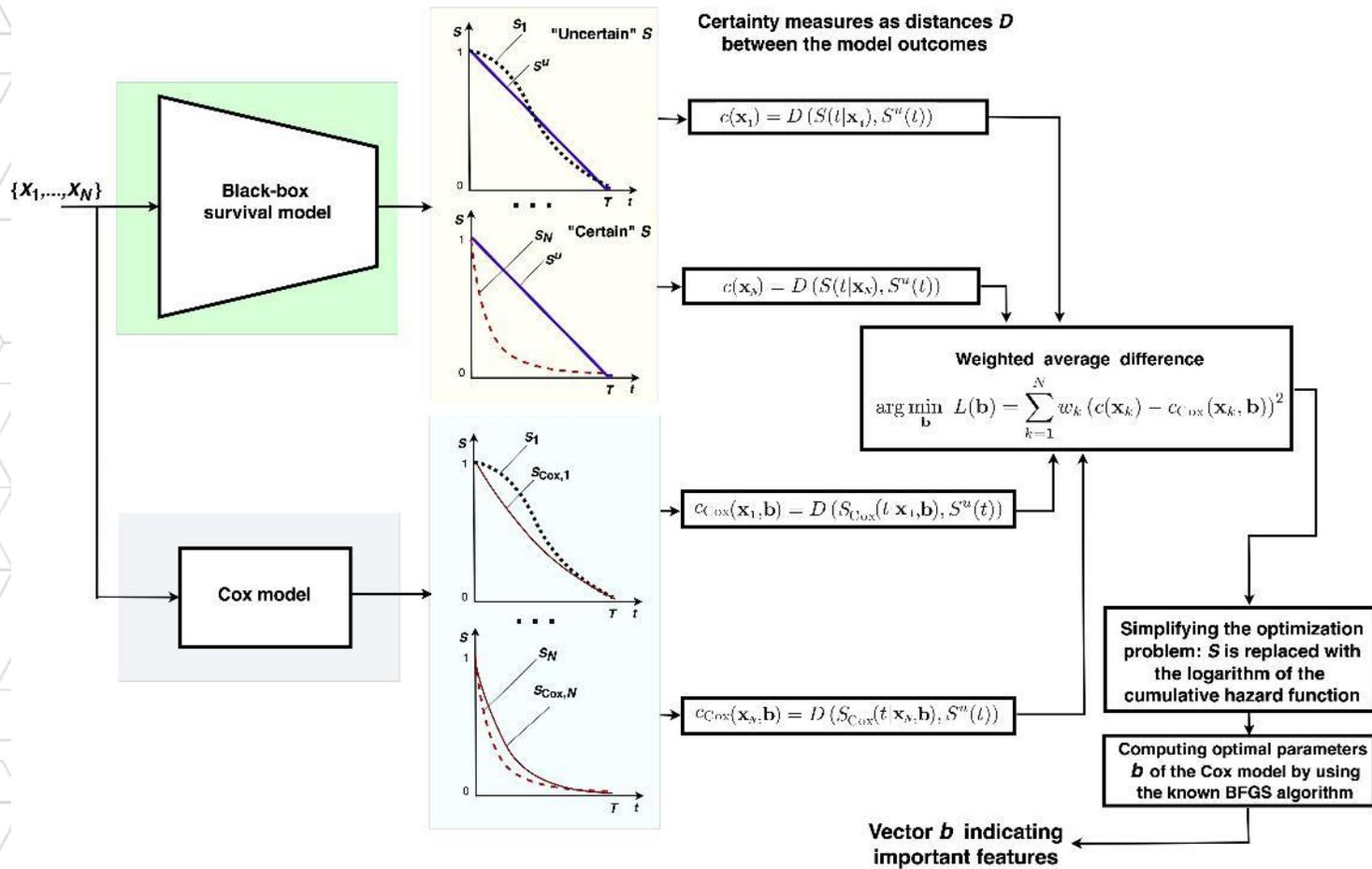
область	CPUTimeRAW (s)	per
геофизика	62923292888	0.304401
физика	52717309792	0.255029
машиностроение	46056422576	0.222805
энергетика	20194851856	0.097695
биофизика	9029163752	0.04368
астрофизика	7448485016	0.036033
механика	4468425024	0.021616
радиофизика	1414211624	0.006841
биоинформатика	1289548064	0.006238
IT	57423616	0.000278
Nan	1112776304	0.005383



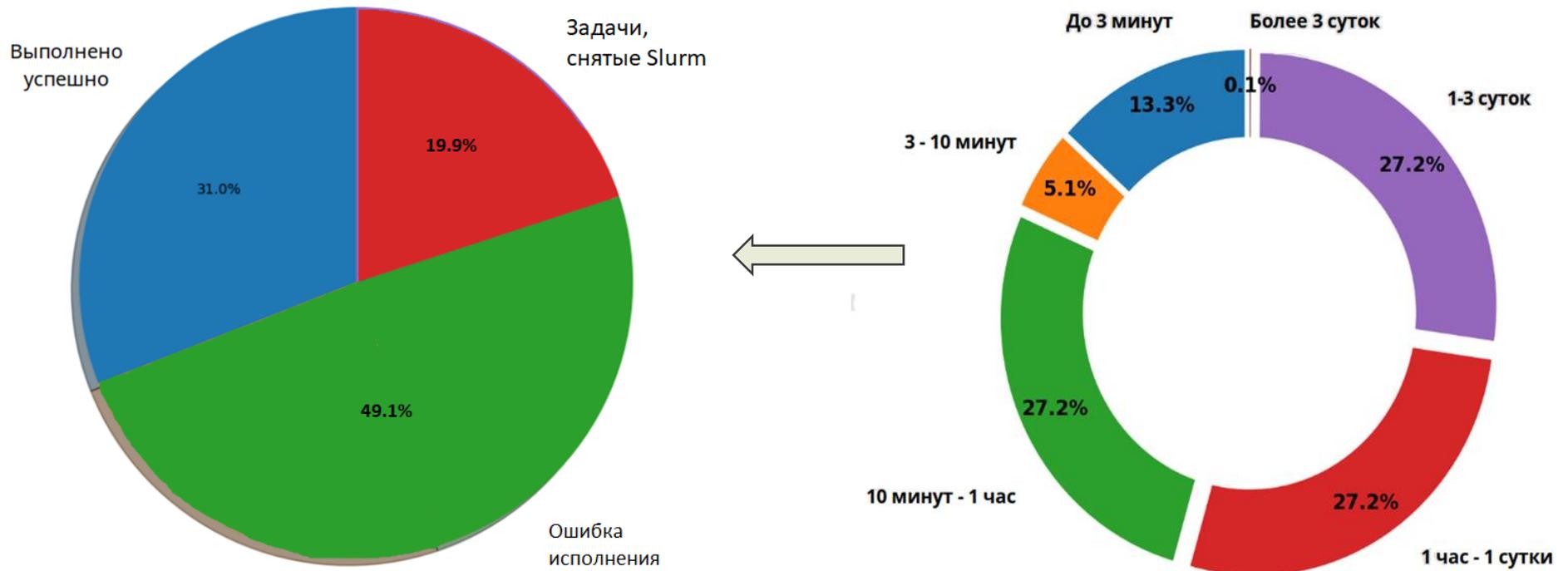
соотношение суммарных времен исполнения задач в различных областях знаний



ОБЪЯСНИМАЯ СЛОЖНОСТЬ НАБЛЮДАЕМЫХ ПРОЦЕССОВ



ML FOR HPC: ПРОБЛЕМА «ВЫЖИВАНИЯ» ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАНИЙ В СРЕДЕ СК



Проблема: Успешно выполненные задания составляют **около 1/3** от общего числа заявок от пользователей ! ?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Разнообразие возможностей современных компьютеров обеспечивается специальным языком описания задачи (**математической надстройкой**) над булевой алгеброй механических (физических) процессов.
- Даже сама сложная «надстройка» состоит из простых (атомарных) операций....
- Процесс написания программ – это воплощение имеющихся знаний.
- Программирование требует понимания целей, владения инструментом, знания ограничений и объяснения возможных результатов исполнения программ.