



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

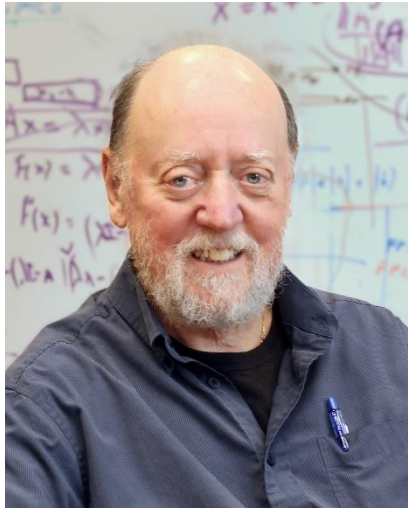
Почему

- 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



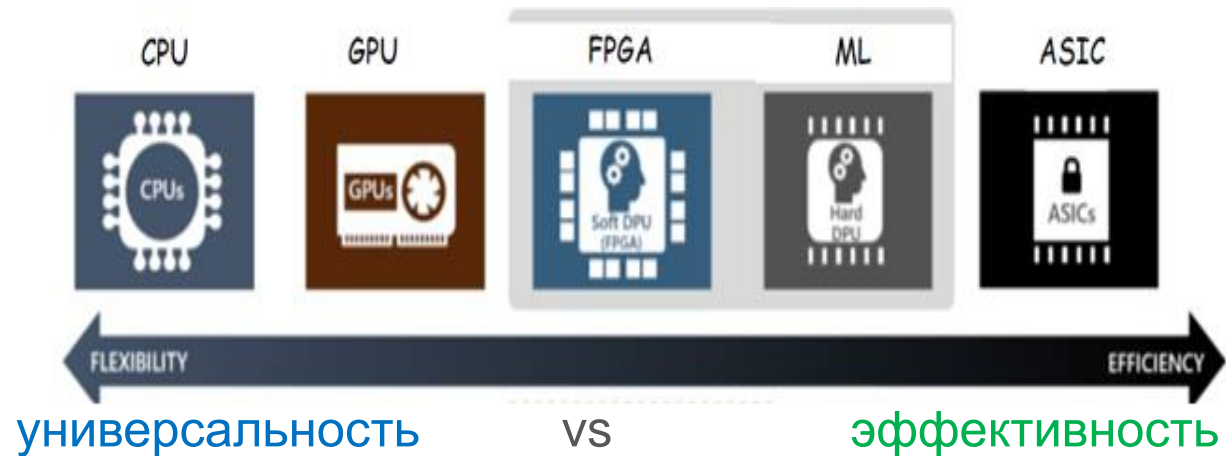
Дж. Донгарра

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:**

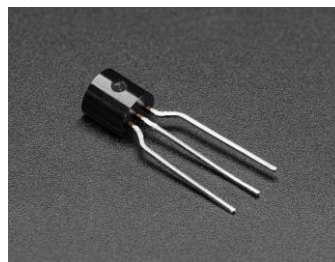
как вычислять и быстро и точно





## «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  $\alpha_{град} = \alpha_{рад} * 180^\circ/\pi$ .  $20^\circ - 18' = 2'$

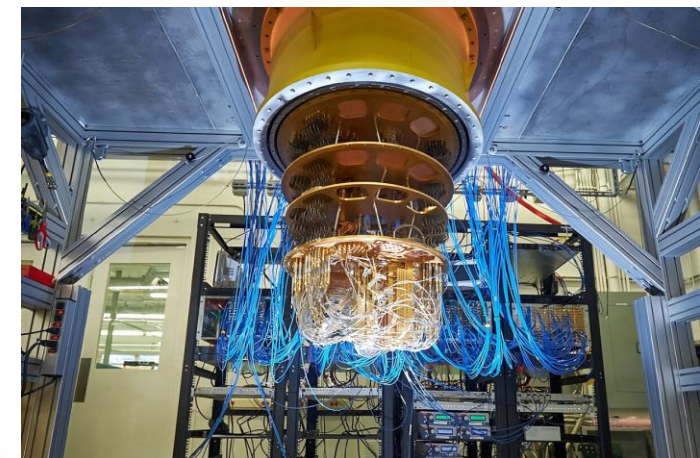
| sin | 0'     | 6'   | 12'  | 18'  | 24'  | 30'  | 36'  | 42'  | 48'  | 54'  | 60'    | 1° 2' 3' |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|----------|
| 15° | 0.2588 | 2605 | 2622 | 2639 | 2656 | 2672 | 2689 | 2706 | 2723 | 2740 | 2756   | 2773     |
| 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

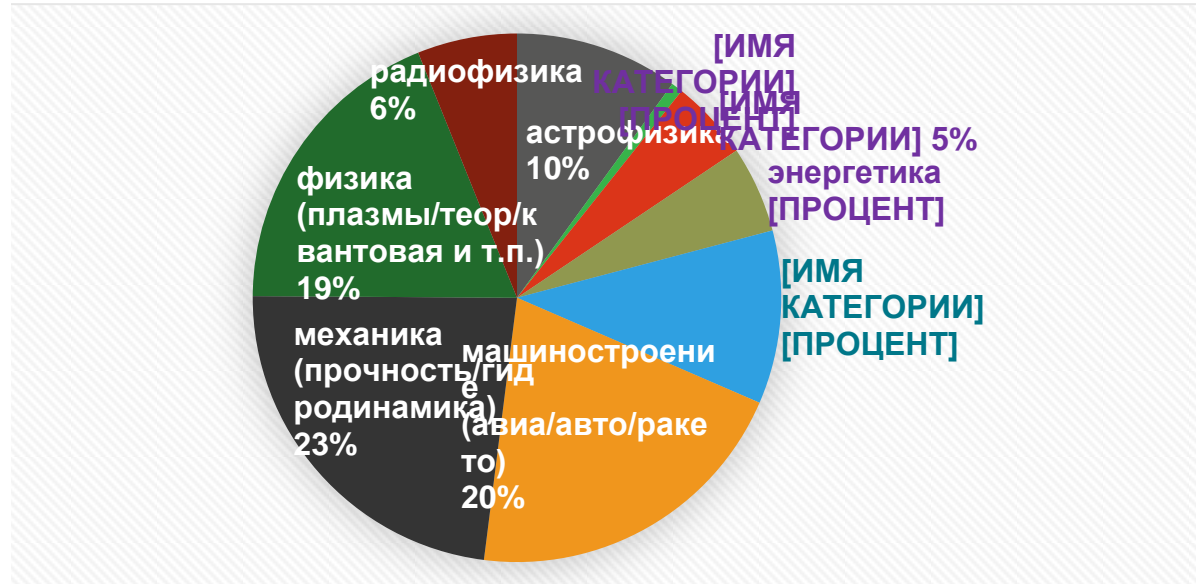
## ПРО КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

- 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...

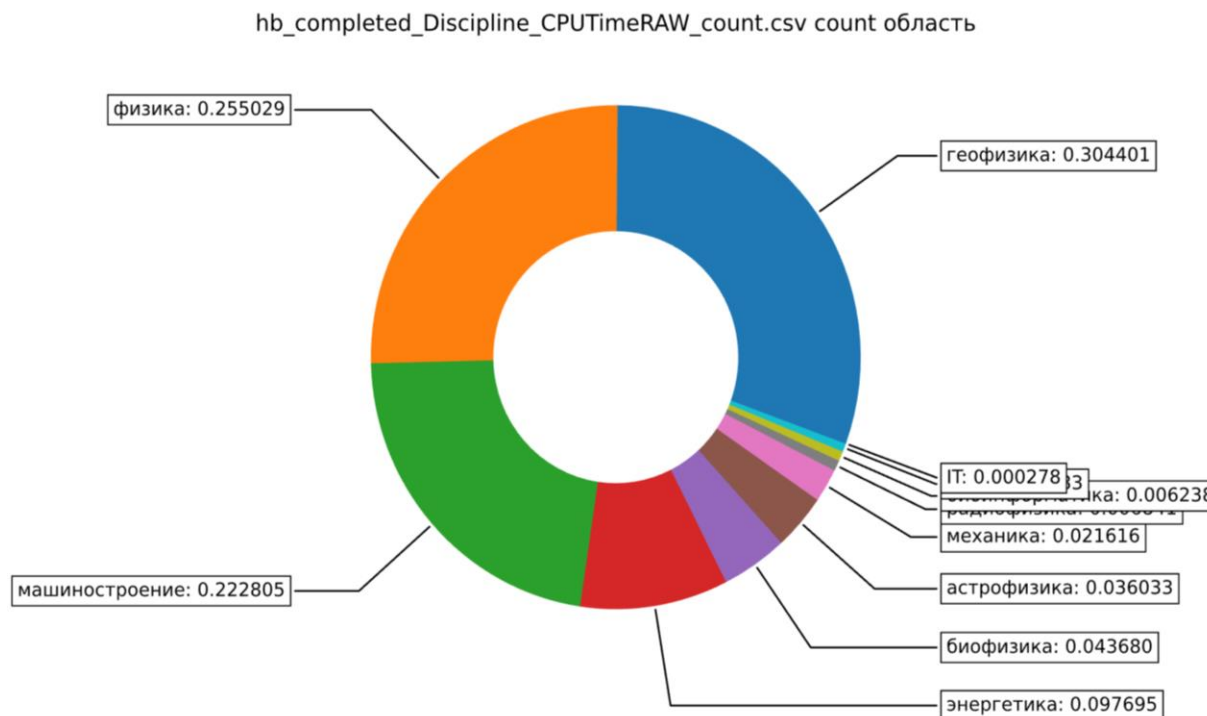
5 уровень - кванторы по логикам (модельным) . 6 уровень – философия (разные математические теории могут давать разные, зачастую диаметрально противоположные выводы)



# КОНСТРУКТИВНАЯ АБСТРАКЦИЯ «СЛОЖНОСТИ» КАК ОБЪЕМ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ

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

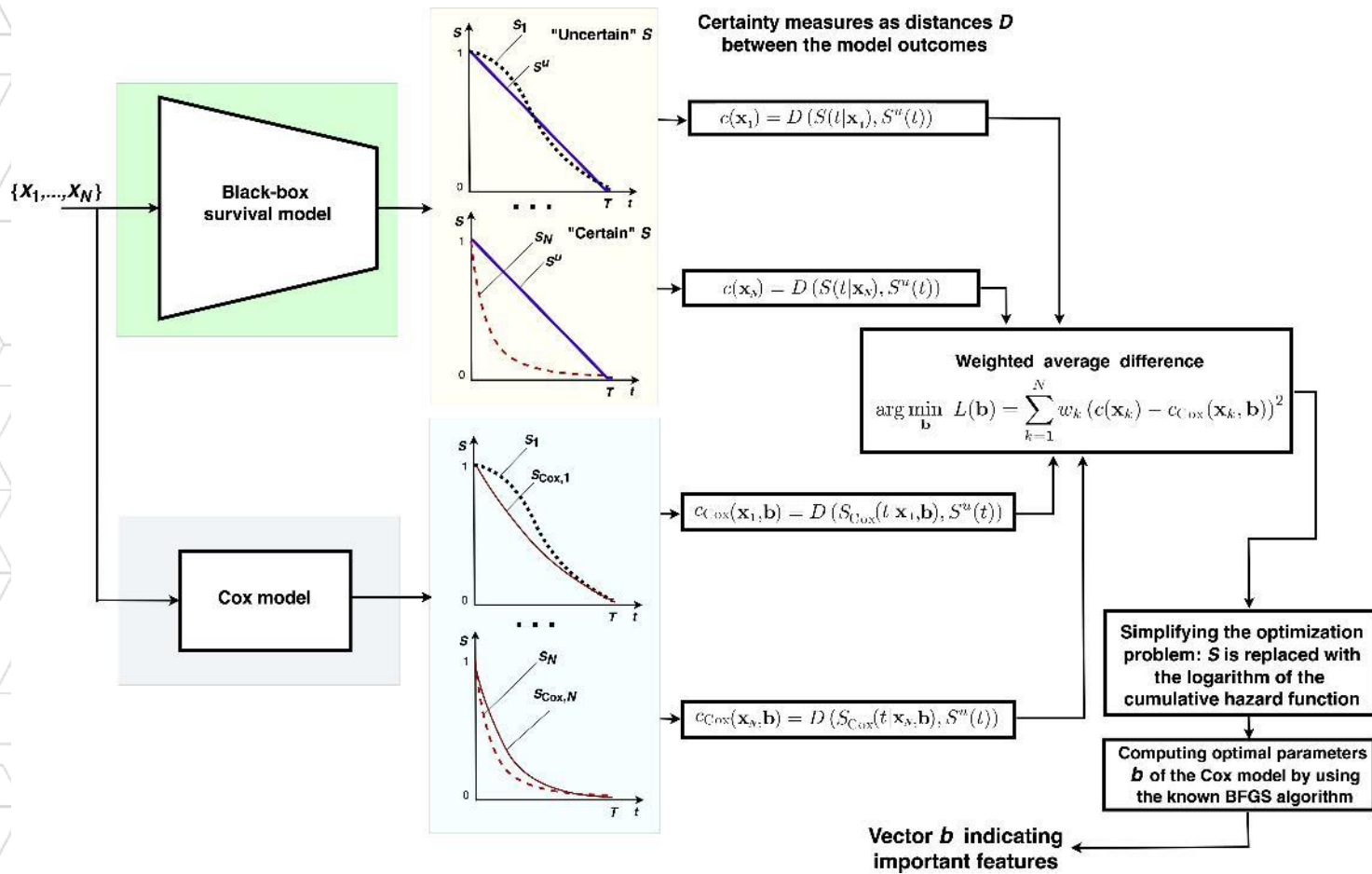
| область        | CPUTimeRAW (s) | per      |
|----------------|----------------|----------|
| геофизика      | 62923292888    | 0.304401 |
| физика         | 52717309792    | 0.255029 |
| машиностроение | 46056422576    | 0.222805 |
| энергетика     | 20194851856    | 0.097695 |
| биофизика      |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



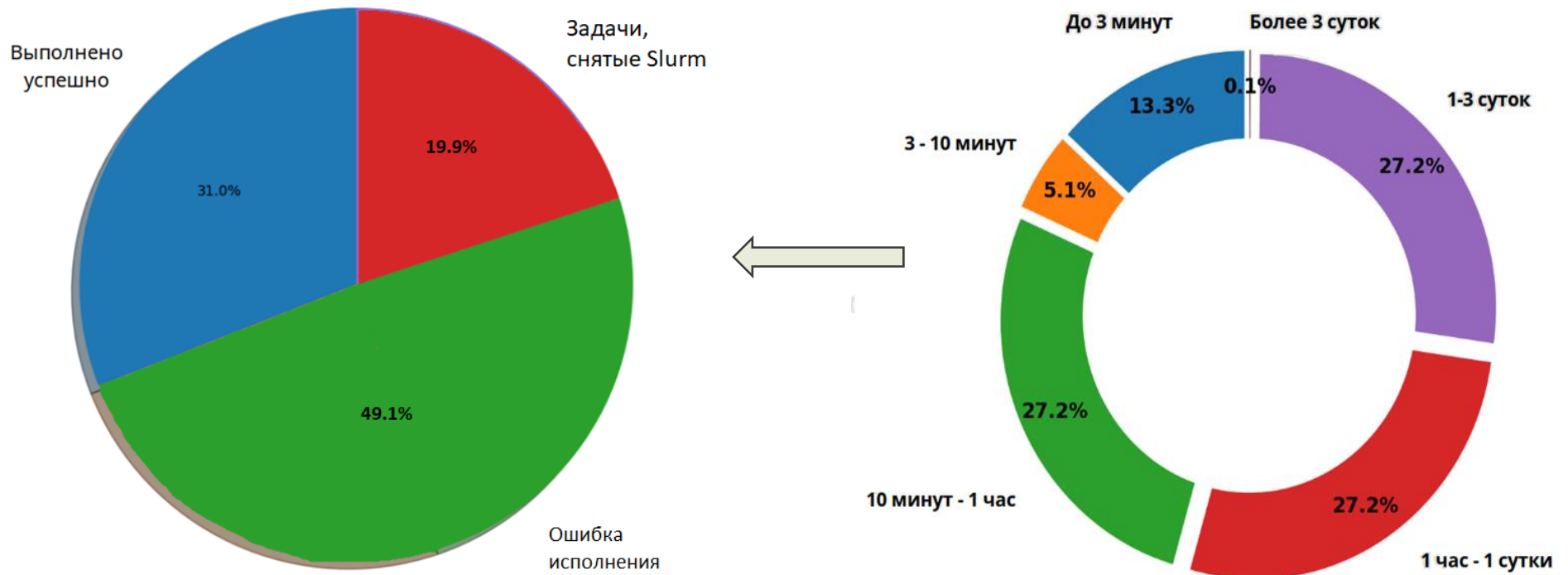
соотношение суммарных времен исполнения задач в различных областях знаний



# 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.